



TESIS - TE - 142599

**PENENTUAN POSISI KAMERA TERBAIK BERBASIS  
*VIEWPOINT ENTROPY* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA GENETIKA**

AWANG ANDHYKA  
2214205201

DOSEN PEMBIMBING  
DR. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT  
DR. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



TESIS - TE - 142599

**BEST CAMERA POSITION DETERMINATION BASED  
VIEWPOINT ENTROPY USING GENETIC  
ALGORITHM**

AWANG ANDHYKA  
2214205201

SUPERVISOR  
DR. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT  
DR. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT

MASTER PROGRAM  
INTELLIGENT NETWORK MULTIMEDIA  
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
10 NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017

## LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Awang Andhyka  
NRP. 2214205201

Tanggal Ujian : 9 Januari 2017  
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui oleh:

1. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT (Pembimbing I)  
NIP. 196806011995121009

2. Dr. Supeno Mardi Susiki N., ST., MT (Pembimbing II)  
NIP: 197003131995121001

3. Dr. Diah Puspito Wulandari, ST., MSc (Penguji)  
NIP: 198012192005012001

4. Moch. Hariadi ST., M.Sc., Ph.D (Penguji)  
NIP: 196912091997031002

5. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc (Penguji)  
NIP: 195409251978031001

an, Direktur Program Pascasarjana

Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Widjaya, M.Eng.  
NIP. 196012021987011001

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19601202 198701 1001

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul “**PENENTUAN POSISI KAMERA TERBAIK BERBASIS VIEWPOINT ENTROPY MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Maret 2017

Awang Andhyka  
2214205201

# **PENENTUAN POSISI KAMERA TERBAIK BERBASIS VIEWPOINT ENTROPY MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**

Nama : Awang Andhyka  
NRP : 2214 205 201  
Pembimbing I : DR. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT  
Pembimbing II : DR. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT

## **ABSTRAK**

*Dalam industri film, peran kamera dalam pengambilan gambar sangat penting. Posisi kamera dapat menentukan hasil dari kualitas gambar yang diinginkan. Untuk mengoptimal kan posisi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya menggunakan algoritma genetika. Akan tetapi pengoptimalan posisi selama ini masih pada lingkungan 2D, sehingga diperlukan informasi dalam pengoptimalan terhadap objek 3D. Pada penelitian ini difokuskan untuk menentukan posisi kamera terbaik berbasis viewpoint entropy dengan menggunakan algoritma genetika. Dalam penelitian ini digunakan sebuah data 3D, dari data tersebut ditransformasi dan diproyeksikan ke kamera. Posisi kamera dioptimasi dengan menggunakan algoritma genetika, sedangkan posisi terbaik kamera ketika kamera melihat hasil proyeksi dari objek yang mempunyai luasan paling besar yang terlihat yaitu yang mempunyai nilai viewpoint entropy paling maksimum.*

**Kata kunci :** Viewpoint entropi, Algoritma genetika, Posisi kamera

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BEST CAMERA POSITION DETERMINATION BASED VIEWPOINT ENTROPY USING GENETIC ALGORITHM**

By : Awang Andhyka  
Student Identity Number : 2214 205 201  
Supervisor : DR. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT  
Co-Supervisor : DR. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT

### **ABSTRACT**

*In the film industry, the role of the camera in shooting very important. The position of the camera can determine the outcome of the desired image quality. To optimize the right position can be done in various ways, one of which uses a genetic algorithm. But optimization is still in position for a 2D environment, so that the necessary information in the optimization of 3D objects. In this study focused on determining the best camera position based viewpoint entropy using a genetic algorithm. This study used a 3D data, from these data is transformed and projected into the camera. The camera position is optimized by using genetic algorithms, while the best camera position when the camera sees the projection of the object that has the most visible area that has a value that is the maximum entropy viewpoint.*

*Keywords: Viewpoint entropy, genetic algorithm, the camera position*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke hadirat Alloh SWT atas segala nikmat, rahmat serta hidayah-Nya. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikut setianya. Atas kehendak Alloh sajalah, penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul ” **Penentuan Posisi Kamera Terbaik Berbasis Viewpoint Entropy menggunakan Algoritma Genetika**”.

Penelitian tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar M.T di jurusan teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain itu penulis berharap agar penelitian tesis ini dapat menambah literatur dan dapat memberikan manfaat bagi semuanya. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Kedua orang tua penulis atas semua dukungan, doa dan perhatian yang diberikan kepada penulis hingga saat ini.
2. Bapak DR. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan buku tesis ini.
3. Bapak DR. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. selaku dosen pembimbing ke-dua yang telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan buku tesis ini.
4. Bapak-Ibu dosen pengajar bidang studi JCM, atas ilmu, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
5. Istri dan Keluarga yang telah setia dan selalu memberi semangat penulis selama mengerjakan tesis.
6. Teman-teman JCM serta seluruh pihak yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat di masa sekarang dan masa mendatang. Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, maka penulis mohon maaf apabila ada kekeliruan baik sengaja maupun yang tidak sengaja.

Surabaya, 20 Januari 2017

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

JUDUL PENELITIAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika .....	5
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Viewpoint Entropy .....	5
2.2 Transformasi Proyeksi .....	6
2.3 Transformasi Geometri 3D .....	8
2.4 Transformasi Translasi .....	8
2.5 Rotasi .....	9
2.6 Pengertian Algoritma Genetika .....	13
2.7 Struktur Umum Algoritma Genetika .....	14
2.8 Komponen Utama Algoritma Genetika.....	15
2.9 Proses dalam Melakukan Algoritma Genetika .....	20
2.10 Pengertian Individu .....	20

2.11 Nilai fitness .....	21
2.12 Elitisme.....	21
2.13 Cross Product .....	22
2.14 Teori Parallelogram .....	23
 <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Posisi Kamera .....	26
3.2 Algoritma Genetika yang di usulkan dalam penelitian .....	31
3.2.1 Menentukan Persamaan Fungsi .....	31
3.2.2 Menentukan Fitness .....	31
3.2.3 Menentukan Bentuk Kromosom .....	32
3.2.4 Seleksi .....	33
3.2.5 CrossOver .....	33
3.2.6 Mutasi .....	34
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Uji .....	35
4.2 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek sapi.....	36
4.3 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek gelas.....	39
4.4 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek meja.....	41
4.5 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek pesawat....	44
4.6 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek peluru .....	46
4.7 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek buku .....	49
4.8 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek pesawat....	52
 <b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran .....	55
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Viewpoint.....	1
Gambar 2.1 Transformasi Perspektif .....	7
Gambar 2.2 Translasi Titik 3D .....	8
Gambar 2.3 Sumbu Rotasi X, Y dan Z .....	9
Gambar 2.4 Transformasi rotasi terhadap sumbu z .....	10
Gambar 2.5 Rotasi Titik P terhadap sumbu X sebesar sudut.....	11
Gambar 2.6 Sistem Koordinat kartesian bila dipandang dari arah sumbu X....	11
Gambar 2.7 Rotasi Titik P terhadap sumbu Y sebesar sudut.....	12
Gambar 2.8 Sistem Koordinat kartesian bila dipandang dari arah sumbu Y....	13
Gambar 2.9 Pengertian Algoritma Genetika.....	14
Gambar 2.5 Ilustrasi Cross-over Satu titik.....	19
Gambar 2.6 Ilustrasi Cross-over Dua titik .....	19
Gambar 2.7 Individu Algoritma Genetika .....	21
Gambar 2.8 Vektor.....	21
Gambar 2.9 Vektor c .....	22
Gambar 2.10 Luasan Segitiga .....	23
Gambar 3.1 Alur Penelitian kerja sistem.....	25
Gambar 3.2 Koordinat Objek dan Kamera .....	25
Gambar 3.3 Contoh face pada model 3D sapi.....	26
Gambar 3.4 Luasan segitiga polygon.....	29
Gambar 4.1 Posisi awal kamera terhadap objek sapi .....	36
Gambar 4.2 Posisi kamera terbaik terhadap objek sapi .....	38
Gambar 4.3 Posisi awal kamera terhadap objek gelas.....	39
Gambar 4.4 Posisi kamera terbaik terhadap objek gelas.....	41
Gambar 4.5 Posisi awal kamera terhadap objek meja.....	42
Gambar 4.6 Posisi kamera terbaik terhadap objek meja.....	44
Gambar 4.7 Posisi kamera terbaik terhadap objek pesawat.....	46
Gambar 4.8 Posisi kamera awal terhadap objek peluru.....	47
Gambar 4.9 Posisi kamera terbaik terhadap objek peluru.....	49

Gambar 4.10 Posisi kamera awal terhadap objek buku.....	49
Gambar 4.11 Posisi kamera terbaik terhadap objek buku.....	51
Gambar 4.12 Posisi kamera awal terhadap objek terompet.....	52
Gambar 4.13 Posisi kamera terbaik terhadap objek terompet.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kromosom Posisi Kamera .....	32
Tabel 4.1. Komponen face .....	35
Tabel 4.2. Konfigurasi algoritma genetika pada sapi .....	36
Tabel 4.3. Hasil viewpoint entropi pada sapi.....	37
Tabel 4.4. Konfigurasi algoritma genetika pada 3D gelas .....	39
Tabel 4.5. Hasil viewpoint entropi pada gelas .....	40
Tabel 4.6. Konfigurasi algoritma genetika pada meja .....	41
Tabel 4.7. Hasil viewpoint entropi pada meja .....	43
Tabel 4.8. Konfigurasi algoritma genetika pada pesawat .....	44
Tabel 4.9. Hasil viewpoint entropi pada pesawat .....	45
Tabel 4.10. Konfigurasi algoritma genetika pada 3D peluru .....	46
Tabel 4.11. Hasil viewpoint entropi pada peluru .....	48
Tabel 4.12. Konfigurasi algoritma genetika pada 3D buku .....	50
Tabel 4.13. Hasil viewpoint entropi pada objek buku .....	50
Tabel 4.14. Konfigurasi algoritma genetika pada terompet.....	52
Tabel 4.15. Hasil viewpoint entropi pada objek terompet .....	53

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR SIMBOL

$H(E)$	entropy
$H(V)$	viewpoint entropy
$x'$	hasil rotasi terhadap sumbu x
$y'$	hasil rotasi terhadap sumbu y
$z'$	hasil rotasi terhadap sumbu z
$R_x$	transformasi rotasi sumbu x
$R_z$	transformasi rotasi sumbu z
$M$	matrik hasil transformasi sumbu x dan z
$T$	vector translasi
$f(P)$	hasil viewpoint entropi setelah di transformasi
$U$	konversi biner ke decimal
$L$	Luasan segitiga polygon
$f_n$	titik
$\vec{v}$	cross product
$s$	dot product
$a$	luasan polygon
$k$	banyaknya luasan polygon
$a_t$	total luasan polygon
$a_i$	luasan yang diproyeksikan
$b$	jumlah bit
$\pi$	180 derajat

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Viewpoint* telah banyak digunakan pada komputer grafis dalam beberapa tahun terakhir ini, seperti visi komputer, visual grafik, navigasi gerak robot, pengenalan obyek tiga dimensi, pemodelan tiga dimensi (3D) dan rendering Gambar, *radiosity*, *ray tracing*. Ketika salah satu dari sebuah objek membutuhkan untuk divisualisasikan dalam komputer, ada dua pilihan harus dibuat. Pertama, kita harus menentukan dari sudut pandang mana obyek tersebut diambil. Hal ini menjadi salah satu cara untuk memperoleh informasi yang maksimal pada sebuah objek sehingga dapat membantu dalam memahami informasi objek tersebut. Kedua, adalah dengan memvisualisasikan objek dalam cara *fotorealistik*, hal ini akan membutuhkan biaya banyak serta membutuhkan waktu komputasi yang lama.



(a.i)



(b.i)



(a.ii)



(b.ii)

Gambar 1.1 *Viewpoint*

Informasi yang maksimal tentang obyek yang diwakilinya seperti pada Gambar 1.1, baik ukuran dan luas permukaan. Pengertian *viewpoint* masih menjadi masalah besar, karena tidak ada ukuran yang pasti untuk menentukan apakah *viewpoint* tersebut merupakan hasil yang terbaik. Dari beberapa peneliti, mereka

memberikan definisi yang dapat digunakan dalam membantu masalah tersebut yaitu *viewpoint* memiliki beberapa hal seperti:

- Jumlah permukaan yang terlihat pada objek.
- Luas permukaan sebuah objek yang terlihat.
- Total permukaan objek.

*Kamada dan S. Kawai* memberikan penjelasan tentang arah penglihatan yang baik adalah jika kita meminimalkan jumlah permukaan yang dilihat terhadap bidang yang diproyeksi. Metode ini gagal ketika jumlah permukaan yang terlihat dibandingkan terhadap luasan permukaan objek dan hasil yang diteliti tidak menjamin bahwa pengguna akan mengetahui semua informasi tentang objek tersebut.

*Barral et al* memodifikasi sistem Kamada terhadap bidang yang diproyeksikan. Kemudian mereka menciptakan algoritma *heuristic* dengan beberapa parameter tambahan sehingga dapat menghitung jumlah total luas permukaan dari setiap titik dan menambahkan beberapa bidang eksplorasi terhadap luas daerah yang diproyeksikan. Namun, mereka mengakui bahwa metode tersebut tidak dapat menentukan *viewpoint* yang baik jika pada pengambilan Gambar sebuah objek terdapat lubang maka, algoritma *heuristic* tidak dapat menghitung seluruh luasan permukaan tersebut.

*Hlavac et al* menggunakan satu set Gambar untuk mewakili sebuah objek. Metode ini hanya dapat mengukur jika objek memiliki tingkat perbedaan warna yang cukup tinggi.

*Sbert et al* menemukan algoritma *Kullback–Leibler*. Metode ini menghitung jarak antara permukaan objek dengan daerah yang diproyeksikan. Akan tetapi latar belakang proyeksi objek diabaikan dalam hal ini.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Selama ini penelitian tentang *viewpoint entropy* sudah banyak dilakukan dalam berbagai bidang. Dalam penelitian ini *viewpoint entropy* digunakan untuk menentukan posisi kamera terbaik terhadap objek.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian diterapkan pada sebuah objek 3D bukan multi objek.
2. Objek dilihat dari sudut pandang kamera, sehingga objek yang bergerak, hasilnya di proyeksikan ke kamera.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan posisi kamera terbaik berbasis *viewpoint entropy* menggunakan algoritma genetika, diantara posisi kamera terbaik adalah ketika objek yang memiliki luasan paling besar yaitu yang mempunyai nilai *viewpoint entropy* paling maksimum diproyeksikan ke kamera.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah informasi yang didapatkan dapat digunakan untuk masalah posisi awal kamera dalam rekontruksi 3D, game, radiosty ataupun yang lain, yang didalamnya menggunakan posisi kamera.

## **1.6 Sistematika**

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terbagi menjaid lima bab, yaitu: pendahuluan, kajian pustaka dan dasar teori, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta pada bagian terakhir kesimpulan dan saran. Masing-masing bab dijelaskan sebagai berikut:

**BAB I : Pendahuluan**

Menjelaskan mengenai latar belakang, permasalahan, batasan penulisan, tujuan dan manfaat, dan sistematika penulisan laporan.

**BAB II : Kajian Pustaka dan Dasar Teori**

Menjelaskan berbagai teori, temuan dan bahan penelitian sebagai referensi yang dijadikan dasar penunjang pelaksanaan penelitian tesis ini.

**BAB III : Metode Penelitian**

Berisi penjelasan tentang desain, rancangan penelitian, serta metode yang digunakan dalam menjawab permasalahan untuk mencapai tujuan penelitian.

**BAB IV : Hasil dan Pembahasan.**

Bab ini berisi hasil dari penelitian serta pengujian yang telah dilakukan untuk memastikan apakah metode yang digunakan dapat menghasilkan sudut optimasi.

**BAB V : Kesimpulan dan Saran.**

Bab ini menjelaskan seluruh hasil penelitian beserta rencana penelitian yang diperlukan untuk memperbaiki hasil dari penelitian ini.

## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 *Viewpoint Entropy*

Pada tahun 1948, Claude Shannon (Shannon, 1948) menerbitkan "Sebuah teori matematika komunikasi" yang menandai awal dari teori informasi. Teori informasi membahas tentang transmisi, penyimpanan, dan pengolahan informasi, dan telah banyak digunakan di berbagai bidang seperti fisika, ilmu komputer, matematika, statistik, ekonomi, biologi, linguistik, neurologi, pembelajaran, pengolahan citra digital, dan komputer grafis.

Misalkan  $E$  variabel random diskrit dengan alpabet  $E$  dan distribusi probabilitas  $\{p(e)\}$ , dimana  $p(e) = \Pr\{E=e\}$  dan  $e \in E$ . Shannon *Entropy*  $H(E)$  dari diskrit acak variabel  $E$  dengan nilai-nilai di set  $E = \{e^1, e^2, \dots, e^n\}$  didefinisikan oleh

$$H(E) = \sum_{e \in E} p(e) \log p(e) \quad (2.1)$$

dimana  $p(e) = \Pr[E = e]$ , algoritma diambil dalam basis 2 (*entropy* dinyatakan dalam bit), dan digunakan pada  $^0\log_0 = 0$ . Dari rumus tersebut maka dapat digunakan dengan mengganti notasi  $H(E)$  atau  $H(p)$  untuk *entropy*, dimana  $p$  adalah distribusi probabilitas sebagai  $\log p(e)$  yang merupakan informasi terkait dengan hasil  $x$ , dimana *entropy* memberikan kita informasi rata-rata atau random variable. Dari persamaan diatas, (Vazquez, et al., 2001) mendefinisikan *viewpoint entropy* ( $H$ ) sebagai Shannon *Entropy* dari daerah yang diproyeksikan ke permukaan pusat objek pada *viewpoint*  $v$ . Dengan demikian, *viewpoint entropy* dapat didefinisikan oleh

$$H(V) = - \sum_{i=1}^{N_f} \left( \frac{a_i}{a_t} \log \frac{a_i}{a_t} \right) \quad (2.2)$$

Di mana  $N_f$  adalah jumlah permukaan yang terlihat dari model 3D,  $a_i$  adalah daerah yang diproyeksikan sebanyak  $i$ .  $a_t$  merupakan daerah yang diproyeksikan dari latar belakang. *Viewpoint entropy* terbaik (Sbert, et al., 2005) diperoleh ketika *viewpoint* tertentu dapat melihat semua permukaan daerah yang diproyeksikan. *Viewpoint* yang baik adalah didefinisikan sebagai salah satu yang memiliki *entropy* paling maksimum, sehingga dalam menentukan posisi kamera terbaik dilihat dari hasil proyeksi dari objek yang memiliki nilai *viewpoint entropy* yang paling maksimum (Sokolov & Plemenos, 2005).

## 2.2 Transformasi Proyeksi

Grafika komputer adalah proses transformasi dari model 3D obyek berupa informasi geometri bentuk, informasi pose, warna, texture, dan pencahayaan menjadi citra 2D. Jika dilihat secara analogi, hal di atas mirip dengan cara kerja kamera dalam mengambil foto dalam bidang fotografi. Model ini disebut model sintesis kamera. Lensa kamera dan mata manusia memiliki daerah penglihatan (*viewing volume*) yang berbentuk kerucut, namun karena bentuk display yang biasanya berbentuk segiempat akan lebih efisien memodelkan daerah penglihatan sebagai volume berbentuk piramida. Tipe transformasi proyeksi ada dua macam, bergantung pada parameter dan bentuk piramidanya. Dua tipe transformasi tersebut adalah Transformasi Ortogonal/Paralel (*Orthogonal Transformation*) dan Transformasi Perspektif (*Perspective Transformation*).

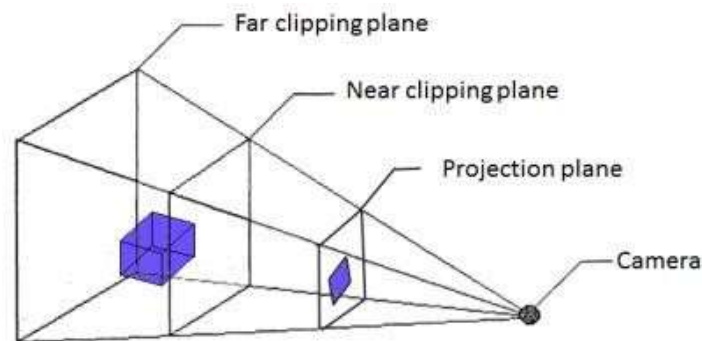
Proyeksi Orthographic diperoleh apabila sinar proyeksi tegak lurus dengan bidang proyeksi. Proyeksi *orthographic* sering digunakan untuk menghasilkan tampak depan, tampak belakang, tampak samping dan tampak atas dari sebuah benda atau disebut sebagai *Multiview orthographic*. Tampak atas, tampak belakang dan tampak dari samping sebuah benda sering disebut sebagai *elevation*. Sedangkan tampak dari atas disebut sebagai *plan view*.

Proyeksi perspektif memberikan sudut pandang yang lebih realistis dibandingkan proyeksi *orthographic*. Proyeksi perspektif memberikan tampilan yang sama dengan apa yang kita lihat sehari-hari karena pada kenyataannya jarak



benda terhadap kita akan mempengaruhi bagaimana benda tersebut terlihat. Benda yang terlihat jauh akan kelihatan kecil sedangkan benda yang dekat akan terlihat lebih besar. Efek ini disebut sebagai *shortening*.

Pada perspektif semua garis menghilang pada satu atau lebih titik yang sama atau disebut titik hilang (*vanishing point*). Hal ini mengakibatkan garis sejajar akan tampak tidak sejajar ketika diproyeksikan perspektif. Bergantung kepada lokasi dimana kita melihat benda maka kita akan memperoleh efek : 1 titik hilang, 2 titik hilang dan 3 titik hilang.



Gambar 2.1: Transformasi Perspektif

### 2.3 Transformasi Geometri 3D

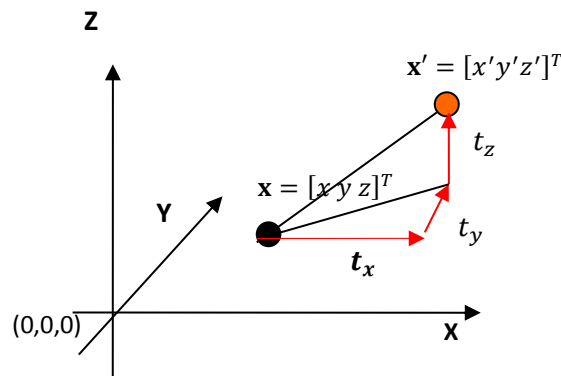
Transformasi geometri digunakan untuk memberikan metode-metode perubahan bentuk dan posisi dari sebuah obyek. Sehingga transformasi merupakan lat yang paling mendasar yang digunakan untuk grafika komputer. Transformasi membantu menyederhanakan tugas-tugas dari pemodelan geometri (*geometric modeling*), animasi, dan rendering. Transformasi geometri 3D merupakan pengembangan dari transformasi geometri 2D. Secara umum representasi transformasi pada 3D juga dibuat dalam bentuk matrik untuk memudahkan perhitungan.

Transformasi yang paling banyak digunakan di dalam grafika komputer adalah transformasi affin (*affine transformation*), yang mempunyai bentuk sangat sederhana. Sejumlah transformasi dasar dari *transformasi affine* antara lain

adalah: penggeseran (*translation*), penskalaan (*scaling*), dan pemutaran (*rotation*).

## 2.4 Transformasi Translasi

Transformasi translasi merupakan operasi atau perubahan yang menyebabkan perpindahan obyek tiga dimensi dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Perubahan ini berlaku dalam arah yang sejajar dengan sumbu x, y, z. dalam operasi translasi, setiap titik yang ditranslasi bergerak dalam jarak yang sama. Pergerakan tersebut dapat berlaku dalam arah sumbu x, y, z. Untuk mentranslasikan suatu titik (x,y,z) dengan pergeseran sebesar (Tx , Ty , Tz ) menjadi titik (x' , y' , z' ) adalah seperti pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2: Translasi titik 3D

Pada Gambar 2.2 titik  $\mathbf{x} = [x \ y \ z]^T$  ditranslasi menggunakan vektor  $\mathbf{t} = [t_x \ t_y \ t_z]$  ke titik  $\mathbf{x}' = [x' \ y' \ z']^T$  dengan perpindahan dari  $\mathbf{x}$  ke  $\mathbf{x}'$  pada persamaan (2.3) :

$$\begin{aligned} x' &= x + t_x \\ y' &= y + t_y \\ z' &= z + t_z \end{aligned} \quad (2.3)$$

Apabila ditulis ulang dalam bentuk transformasi homogen maka persamaan (2.3) akan menjadi persamaan (2.4) :

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

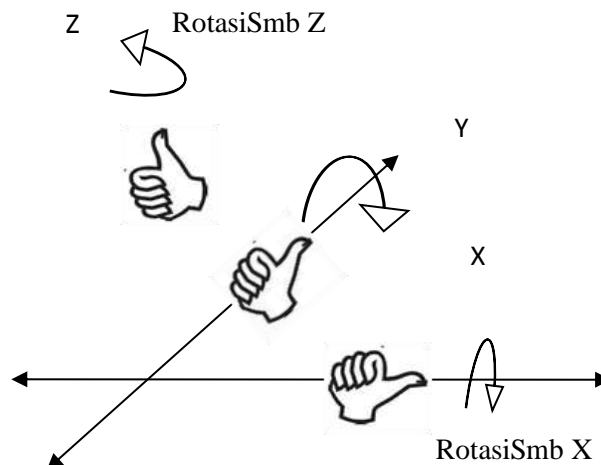
$$\text{Atau } \bar{\mathbf{x}}' = \bar{\mathbf{T}}\bar{\mathbf{x}} \quad (2.6)$$

$$\text{dengan } \bar{\mathbf{x}}' = [x' y' z' 1]^T, \bar{\mathbf{x}} = [x y z 1]^T \text{ dan } \bar{\mathbf{T}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## 2.5 Rotasi

Transformasi rotasi (Bajd, et al., 2010) pada tiga dimensi dilakukan dengan cara memutar titik pada masing-masing sumbu. Transformasi rotasi tiga dimensi mempunyai arti yang penting didalam visi komputer karena digunakan untuk meletakkan posisi kamera terhadap sistem koordinat dunia dan untuk meletakkan posisi kamera relatif terhadap kamera. Berbeda dengan rotasi 2 dimensi yang menggunakan titik pusat (0,0) sebagai pusat perputaran, rotasi 3 dimensi menggunakan sumbu koordinat sebagai pusat perputaran. Dengan demikian ada 3 macam rotasi yang dapat dilakukan seperti pada Gambar 2.3, yaitu:

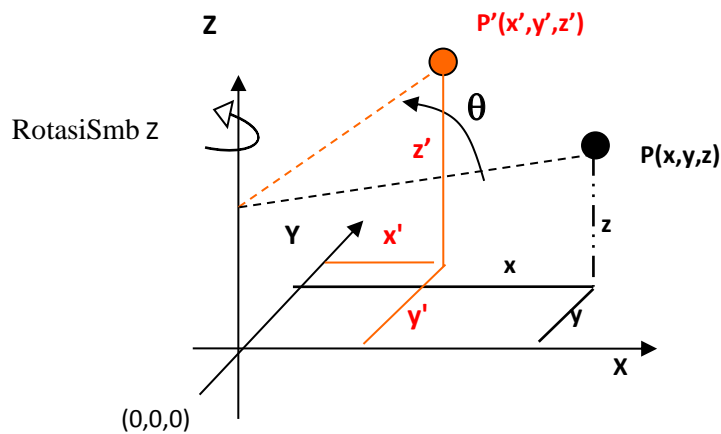
- Rotasi sumbu X
- Rotasi sumbu Y
- Rotasi sumbu Z



Gambar 2.3. Sumbu Rotasi X, Y dan Z.

Arah sudut rotasi menggunakan aturan tangan kanan dengan meletakkan tangan pada sumbu dan jempol diarahkan ke sumbu positif maka diperoleh arah sumbu positif sesuai dengan arah telunjuk kita.

Untuk rotasi terhadap sumbu Z sebesar sudut  $\theta$  seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Transformasi rotasi terhadap sumbu z

Gambar 2.4, titik  $\mathbf{x} = [x \ y \ z]^T$  ditransformasikan sebesar sudut  $\theta$  ke titik  $\mathbf{x}' = [x' \ y' \ z']^T$ . Rotasi  $\mathbf{x}$  terhadap sumbu Z tidak mengubah jarak titik  $\mathbf{x}$  hasil transformasi terhadap bidang XY sehingga apabila jarak titik  $\mathbf{x}$  terhadap bidang XY adalah  $z$  dan jarak titik  $\mathbf{x}'$  adalah  $z'$  maka diperoleh  $z' = z$ .

Sehingga diperoleh persamaan (2.7) transformasi terhadap sumbu Z adalah.

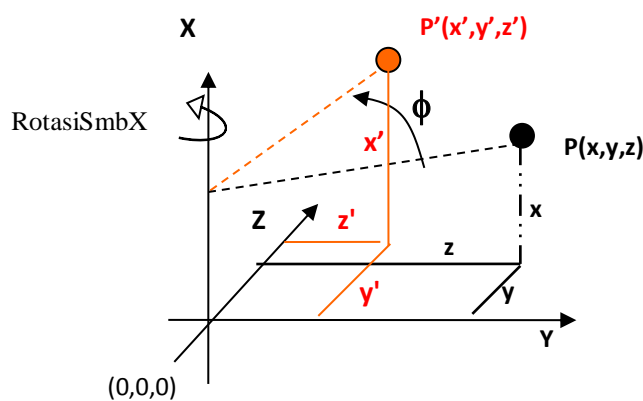
$$x' = x \cos \theta - y \sin \theta$$

$$y' = x \sin \theta + y \cos \theta$$

$$z' = z \tag{2.7}$$

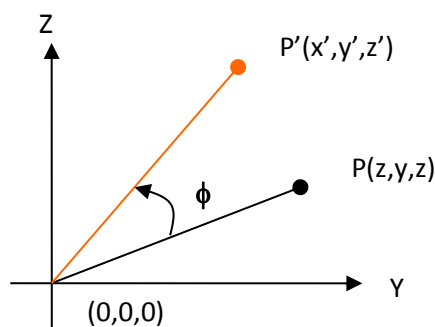
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh rotasi terhadap sumbu X sebesar sudut  $\theta$  seperti pada Gambar 2.5:



Gambar 2.5 Rotasi Titik P terhadap sumbu X sebesar sudut  $\phi$

Gambar 2.5 adalah hasil rotasi titik P terhadap sumbu X tidak akan merubah jarak titik P terhadap bidang YZ. Sehingga didapat  $x' = x$ . Bila Gambar 2.5 dilihat dari arah sumbu X titik P akan terlihat seperti terletak pada bidang YZ. Maka transformasi rotasi titik terhadap sumbu X sama dengan transformasi titik pada bidang YZ.



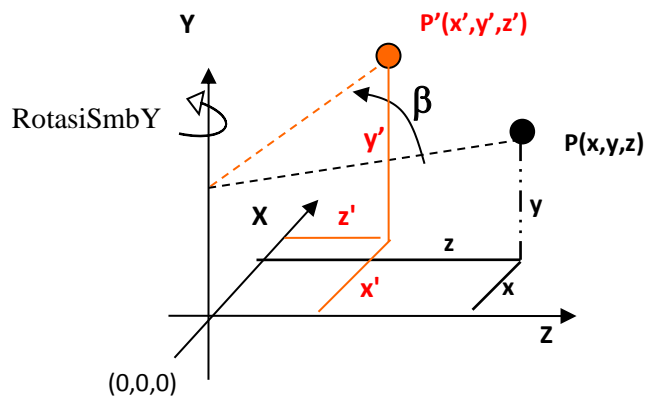
Gambar 2.6 Sistem Koordinat kartesian bila dipandang dari arah sumbu X.

$$\begin{aligned}
 x' &= x \\
 y' &= y \cos \theta - z \sin \theta \\
 z' &= y \sin \theta + z \cos \theta
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

Persamaan (2.8) dapat dirubah dalam matrik rotasi terhadap sumbu-x sebesar sudut  $\Theta$  (seperti terlihat pada persamaan 2.9).

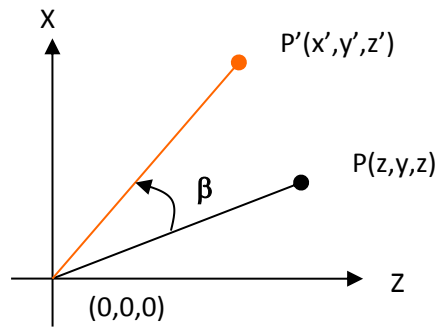
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}
 \tag{2.9}$$

Rotasi terhadap sumbu y sebesar sudut  $\Theta$ .



Gambar 2.7 Rotasi Titik P terhadap sumbu Y sebesar sudut  $\phi$

Hasil rotasi titik P terhadap sumbu Y tidak akan merubah jarak titik P terhadap bidang ZX. Sehingga didapat  $y' = y$ . Bila gambar 2.5 dilihat dari arah sumbu Y titik P akan terlihat seperti terletak pada bidang ZX.



Gambar 2.8 Sistem koordinat kartesian bila dipandang dari arah sumbu Y.

$$\begin{aligned}x' &= x \cos \theta + z \sin \theta \\y' &= y \\z' &= x \sin \theta + z \cos \theta\end{aligned}\tag{2.10}$$

Persamaan (2.10) dapat dirubah dalam matrik rotasi terhadap sumbu-y sebesar sudut  $\theta$  (seperti terlihat pada persamaan 2.11).

$$\begin{bmatrix}x' \\ y' \\ z' \\ 1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix} * \begin{bmatrix}x \\ y \\ z \\ 1\end{bmatrix}\tag{2.11}$$

## 2.6 Pengertian Algoritma Genetika

Algoritma genetika (Goldberg , 1989) adalah algoritma komputasi yang di inspirasi teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi.

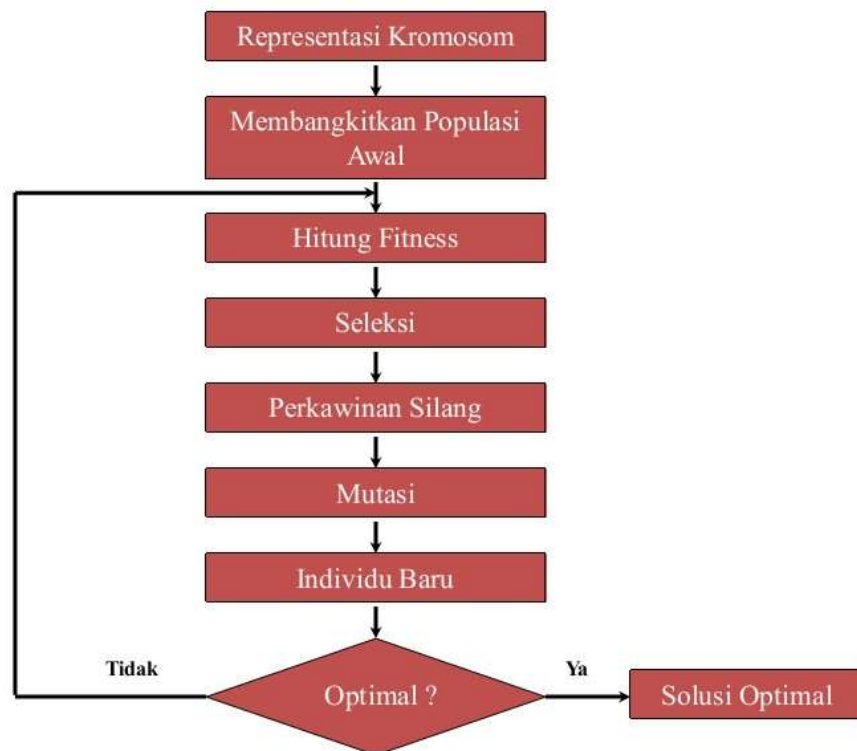
Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup, yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam atau “siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*)”.

Dengan meniru teori evolusi ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-pemmasalahan dalam dunia nyata.

Ada 8 kondisi yang sangat mempengaruhi proses evolusi, yaitu:

1. Kemampuan organisme untuk melakukan reproduksi,
2. Keberadaan populasi organisme yang bias melakukan reproduksi,

3. Keberagaman organisme dalam suatu populasi dan
4. Perbedaan kemampuan untuk survive.
5. Perbedaan lingkungan dalam survive.
6. Perbedaan karakter dalam suatu populasi.
7. Keberadaan populasi lain dalam suatu lingkungan.
8. Keberagaman kemampuan dalam suatu populasi.



Gambar 2.9: Algoritma Genetika (Goldberg , 1989).

## 2.7 Struktur Umum Algoritma Genetika

Algoritma genetika (Goldberg , 1989) memiliki struktur umum:

- Populasi, istilah pada teknik pencarian yang dilakukan sekaligus atas sejumlah kemungkinan solusi.
- Kromosom merupakan individu yang terdapat dalam satu populasi dan bagian dari suatu solusi yang masih berbentuk simbol.



- Generasi, populasi awal dibangun secara acak sedangkan populasi selanjutnya merupakan hasil evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi.
- Fungsi Fitness merupakan alat ukur yang digunakan untuk proses evaluasi kromosom. Nilai fitness dapat berupa fungsi minimum atau fungsi maksimum dari suatu kromosom yang menunjukkan kualitas dalam populasi suatu individu.
- Generasi berikutnya dikenal dengan anak (*offspring*) yang terbentuk dari gabungan dua kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (*parent*) dengan menggunakan operator penyilangan (*crossover*).
- Mutasi, operator untuk memodifikasi kromosom.

## 2.8 Komponen Utama Algoritma Genetika

Dalam algoritma genetika terdapat enam komponen utama, yaitu:

### 1. Teknik Penyandian

Teknik penyandian meliputi penyandian gen dari kromosom. Gen merupakan bagian dari kromosom, satu gen biasanya mewakili satu variabel. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk: string bit, pohon, array bilangan real, daftar aturan, elemen permutasi atau representasi lainnya yang dapat diimplementasikan untuk operator genetika. Seperti contoh dibawah:

- String bit : 1001, 1110, dst.
- Array bilangan : 62-65,-67.98.
- Elemen permutasi : E2, E10, E5, dst.
- Daftar aturan : R1, R2, r3, dst.
- Struktur lainnya.

### 2. Prosedur Inisialisasi

Ukuran populasi tergantung pada permasalahan yang akan dipecahkan dan jenis operator genetika yang akan diimplementasikan. Setelah ukuran populasi telah ditentukan, kemudian akan dilakukan inisialisasi terhadap

kromosom yang terdapat pada populasi tersebut. Inisialisasi kromosom dilakukan secara acak, namun harus tetap memperhatikan solusi dan permasalahan yang ada.

### 3. Fungsi Evaluasi

Ada dua hal yang harus dilakukan dalam proses evaluasi kromosom yaitu: evaluasi fungsi objektif dan konversi fungsi objektif kedalam fungsi fitness.

### 4. Seleksi

Memiliki tujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling baik. Seleksi akan menentukan individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk dilakukan rekombinasi dan bagaimana offspring terbentuk dari individu-individu terpilih tersebut. Langkah pertama yaitu pencarian nilai fitness. Langkah kedua adalah nilai fitness yang diperoleh digunakan pada tahap- tahap seleksi selanjutnya.

Ada beberapa definisi (Cheng & Gen, 2000) yang bisa digunakan untuk melakukan perbandingan terhadap beberapa metode seleksi yang akan digunakan, antara lain:

- Selective Pressure: probabilitas dari individu terbaik yang akan diseleksi dibandingkan dengan rata-rata probabilitas dari semua individu yang diseleksi.
- Bias: perbedaan absolut antara fitness ternormalisasi dari suatu individu dan probabilitas reproduksi yang diharapkan.
- Spread: range nilai kemungkinan untuk sejumlah offspring dari suatu individu.
- Loss of diversity: proporsi dari individu-individu dalam suatu populasi yang tidak terseleksi selama fase seleksi.
- Selection intensity: nilai fitness rata-rata yang diharapkan dalam suatu populasi setelah dilakukan seleksi (menggunakan distribusi Gauss ternormalisasi).

- Selection variance: variansi yang diharapkan dari distribusi fitness dalam populasi setelah dilakukan seleksi (menggunakan distribusi Gauss ternormalisasi).

Ada beberapa metode seleksi dari induk, yaitu:

- Rank-based fitness assignment  
Populasi diurutkan menurut nilai objektifnya. Nilai fitness dari tiap-tiap individu hanya tergantung pada posisi individu tersebut dalam urutan, dan tidak dipengaruhi oleh nilai objektifnya.
- Roulette wheel selection  
Istilah lainnya adalah stochastic sampling with replacement. Individu-individu dipetakan dalam suatu segmen garis secara berurutan sedemikian hingga tiap-tiap segmen individu memiliki ukuran yang sama dengan ukuran fitnessnya. Sebuah bilangan random dibangkitkan dan individu yang memiliki segmen dalam kawasan segmen dalam kawasan bilangan random tersebut akan terseleksi. Proses ini berulang hingga didapatkan sejumlah individu yang diharapkan dalam suatu permasalahan (Goldberg , 1989).
- Stochastic universal sampling  
Memiliki nilai bias nol dan penyebaran yang minimum. Individu-individu dipetakan dalam suatu segmen garis secara berurut sedemikian hingga tiap- tiap segmen individu memiliki ukuran yang sama dengan ukuran fitnessnya seperti halnya pada seleksi roda roulette. Kemudian diberikan sejumlah sebanyak individu yang ingin diseleksi pada garis tersebut.
- Local Selection  
Setiap individu yang berada di dalam konstrain tertentu disebut dengan nama lingkungan lokal. Interaksi antar individu hanya dilakukan di dalam wilayah tersebut. Lingkungan tersebut ditetapkan sebagai struktur dimana populasi tersebut terdistribusi. Lingkungan tersebut juga dapat dipandang sebagai kelompok pasangan-pasangan yang potensial. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyeleksi separuh

pertama dari populasi yang berpasangan secara random. Kemudian lingkungan baru tersebut diberikan pada setiap individu yang terseleksi. Struktur lingkungan pada seleksi lokal dapat berbentuk: linear (full ring dan half ring), dimensi-2 (full cross dan half cross, full star dan half star), dan dimensi-3 dan struktur yang lebih kompleks yang merupakan kombinasi dari kedua struktur diatas. Jarak antara individu dengan struktur tersebut akan sangat menentukan ukuran lingkungan. Individu yang terdapat dalam lingkungan dengan ukuran yang lebih kecil, akan lebih terisolasi dibandingkan dengan individu yang terletak pada lingkungan dengan ukuran yang lebih besar (Cheng & Gen, 2000).

- Truncation Selection

Merupakan seleksi buatan yang digunakan oleh populasi yang jumlahnya sangat besar. Individu-individu diurutkan berdasarkan nilai fitnessnya. Hanya individu yang terbaik saja yang akan diseleksi sebagai induk. Parameter yang digunakan adalah suatu nilai yang mengindikasikan ukuran populasi yang akan diseleksi sebagai induk yang berkisar antara 50%-10%. Individu-individu yang ada dibawah nilai ambang tidak akan menghasilkan keturunan individu yang baik (Reeves & Wright, 1999).

- Tournament selection

Ditetapkan suatu nilai tour untu individu-individu yang dipilih secara random dari suatu populasi. Individu-individu yang terbaik dalam kelompok ini akan diseleksi sebagai induk. Parameter yang digunakan adalah ukuran tour yang bernilai antara 2 sampai N (jumlah individu dalam populasi).

## 5. Operator Genetika

Ada dua operator genetika dalam algoritma genetika, yaitu operator untuk melakukan rekombinasi , (Goldberg , 1989) yang terdiri dari:

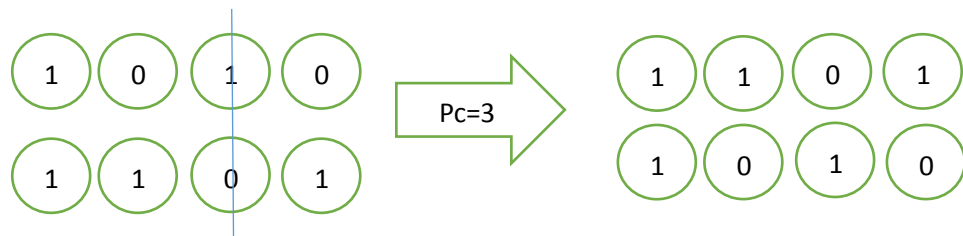
### a) Rekombinasi bernilai *real*, yaitu :

- Rekombinasi diskrit: menukar nilai dalam variabel antar kromosom induk.

- Rekombinasi intermediate: metode rekombinasi yang hanya dapat digunakan untuk variabel *real*. Nilai variabel anak dipilih di sekitar dan antara nilai-nilai variable induk.
- Rekombinasi garis: hampir sama rekombinasi menengah, hanya saja nilai alpha untuk semua variable sama.
- Rekombinasi garis yang diperluas

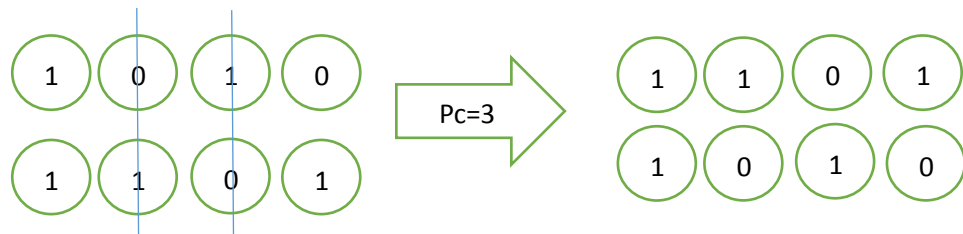
b) Rekombinasi bernilai biner (*Crossover*), yaitu :

- *Crossover* satu titik



Gambar 2.10: Ilustrasi Cross-over Satu Titik (Goldberg , 1989).

- *Crossover* banyak titik



Gambar 2.11: Ilustrasi Cross-over Dua Titik (Goldberg , 1989).

- *Crossover* aritmatika
- *Crossover* dengan permutasi

## 6. Penentuan Parameter

Parameter adalah parameter control algoritma genetika, yaitu ukuran populasi (popsize), peluang *crossover* (pc) dan peluang mutasi (pm). Rekomendasi untuk menentukan nilai parameter:

1. Untuk permasalahan yang memiliki kawasan solusi cukup besar, maka (Cheng & Gen, 2000) merekomendasikan suatu nilai yang akan menghasilkan individu lebih baik dengan populasi yang mempunyai parameter:  $(\text{popsize}; \text{pc}; \text{pm}) = (50; 0,6; 0,001)$ .
2. Bila rata-rata fitness setiap generasi digunakan sebagai indikator, maka (Grefenstette, February 1986) merekomendasikan suatu nilai yang dapat berpengaruh pada populasi dengan parameter:  $(\text{popsize}; \text{pc}; \text{pm}) = (30; 0,95; 0,01)$ .

## 2.9 Proses Dalam Melakukan Algoritma Genetika

Beberapa hal yang harus dilakukan dalam algoritma genetika adalah:

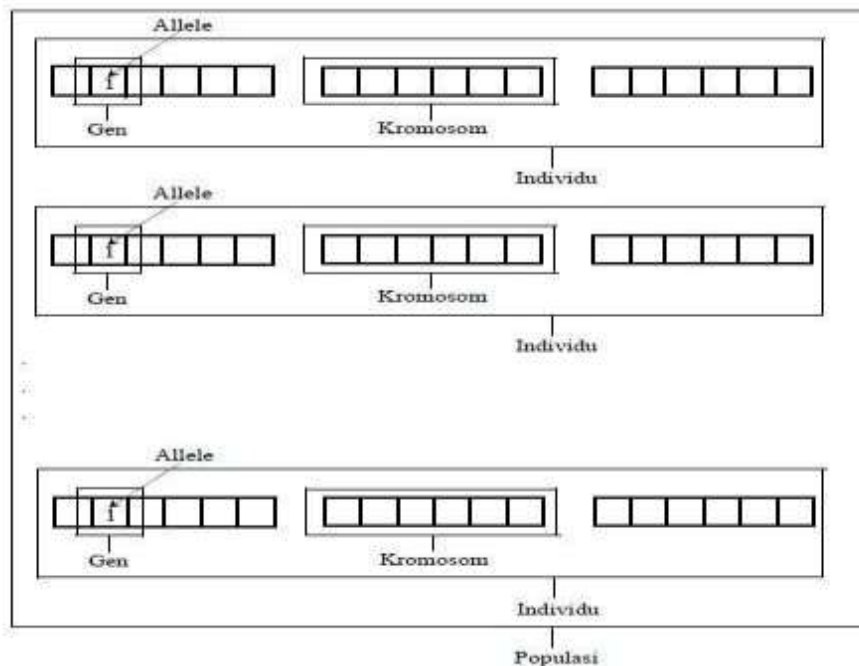
1. Mendefinisikan individu, dimana individu menyatakan salah satu solusi (penyelesaian) yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
2. Mendefinisikan nilai *fitness*, yang merupakan ukuran baik-tidaknya sebuah individu atau baik-tidaknya solusi yang didapatkan.
3. Menentukan proses pembangkitan populasi awal. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan pembangkitan acak.
4. Menentukan proses seleksi yang akan digunakan.
5. Menentukan proses perkawinan silang (*cross-over*) dan mutasi gen yang akan digunakan.

## 2.10 Pengertian individu

Individu (Man, et al., 1999) menyatakan salah satu solusi yang mungkin. Individu bisa dikatakan sama dengan kromosom, yang merupakan kumpulan gen. Gen ini bisa bersifat biner, float, dan kombinatorial. Beberapa definisi penting yang perlu diperhatikan dalam mendefinisikan individu untuk membangun penyelesaian permasalahan dengan algoritma genetika adalah sebagai berikut:

1. Genotype (gen), sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom. Dalam algoritma genetika, gen ini berupa nilai biner, float, integer maupun karakter, atau kombinatorial.
2. Allele, nilai dari gen.

3. Kromosom, gabungan gen-gen yang membentuk nilai tertentu.
4. Individu, menyatakan satu nilai atau keadaan yang menyatakan salah satu solusi yang mungkin dari permasalahan yang diangkat
5. Generasi, menyatakan satu siklus proses evolusi atau satu iterasi di dalam algoritma genetika.



Gambar 2.12: Individu Algoritma Genetika (Goldberg , 1989).

## 2.11 Nilai Fitness

Nilai fitness adalah nilai yang menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu). Nilai fitness ini yang dijadikan acuan dalam mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika. Algoritma genetika bertujuan mencari individu dengan nilai fitness yang paling tinggi (Goldberg , 1989).

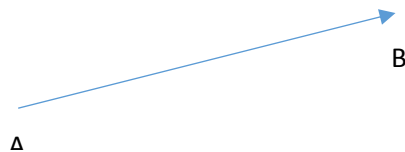
## 2.12 Elitisme

Proses seleksi yang dilakukan secara random sehingga tidak ada jaminan bahwa suatu individu yang bernilai fitness tertinggi akan selalu terpilih. Walaupun individu bernilai fitness tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai fitnessnya menurun) karena proses pindah silang (crossover). Oleh karena itu, untuk menjaga agar individu bernilai fitness tertinggi

tersebut tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa copy-nya. Prosedure ini dikenal sebagai elitisme (Man, et al., 1999).

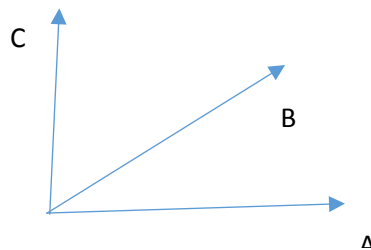
### 2.13 Cross Product

Vektor (Arbarello, et al., 1985) adalah suatu besaran yang memiliki arah (*direction*) dan nilai/panjang. Banyak besaran yang dapat ditemui dalam ilmu pengetahuan misalnya panjang, masa, volume yang dapat dinyatakan oleh suatu bilangan. Besaran demikian dinamakan besaran skalar. Ada besaran lain misalnya kecepatan, gaya, usaha, momen, besaran-besaran tersebut memiliki arah dan nilai yang dinamakan dengan besaran vektor. Vektor dapat di gambarkan sebagai anak panah (ruas garis yang berarah). Panjang panah adalah besar vektor dan arah panah adalah arah vector seperti pada Gambar 2.13:



Gambar 2.13. Vektor  $\overrightarrow{AB}$  (Zbigniew H. Nitecki Tufts).

Gambar 2.13 adalah perkalian silang dua buah vektor  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  disebut juga sebagai *cross product*. Dua buah vektor  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  yang dioperasikan dengan *cross product* akan menghasilkan sebuah vektor. Perkalian silang  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  akan menghasilkan vektor yang arahnya tegak lurus dengan bidang yang dibentuk oleh dua buah vektor tersebut, dan besarnya sama dengan hasil kali kedua vektor dengan sinus sudut apitnya seperti pada Gambar 2.14:

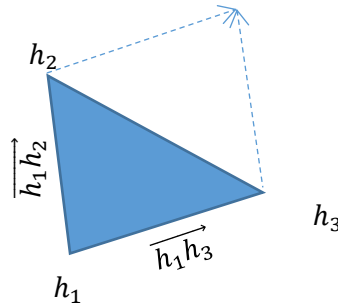


Gambar 2.14. Vektor  $\vec{C}$  (Nitecki, 19 August 2012)



## 2.14 Teori Parallelogram

Teori parallelogram (Nitecki, 19 August 2012) digunakan untuk mencari luas pada segitiga, dimana luas dicari berdasarkan dua buah vektor yang diketahui, seperti pada Gambar 2.15:



Gambar 2.15. Luasan Segitiga (Nitecki, 19 August 2012).

Gambar 2.15 adalah segitiga yang dibentuk dari 3 titik yang mempunyai koordinat x, y dan z berbeda, misalkan  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  adalah titik pada masing – masing luasan yang membentuk objek, maka untuk mencari luasan  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  menggunakan persamaan 2.12:

$$L = 1/2 ||\overrightarrow{h_1h_2} \cdot \overrightarrow{h_1h_3}|| \quad (2.12)$$

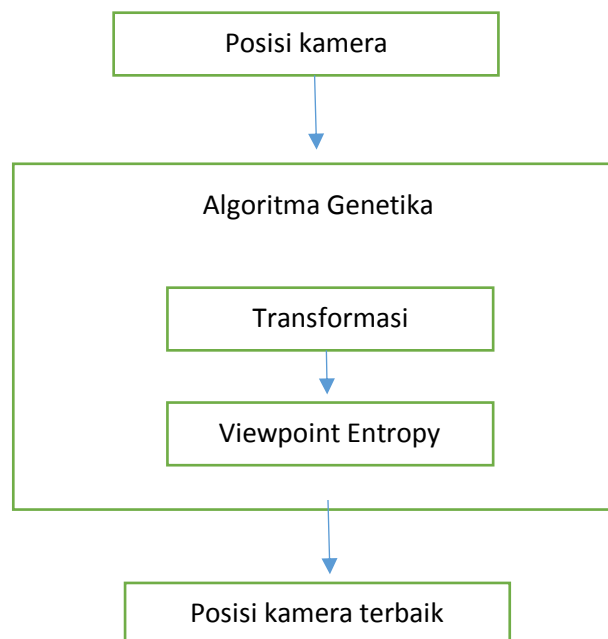
Dimana L adalah hasil luasan dari segitiga pada masing – masing polygon yang membentuk objek 3 dimensi,  $|\overrightarrow{h_1h_2}|$  dan  $|\overrightarrow{h_1h_3}|$  adalah vektor dari titik yang membentuk tiap-tiap polygon.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar, penelitian ini memiliki beberapa langkah yang akan dilakukan dalam menentukan posisi kamera terbaik berbasis *viewpoint entropy* dengan menggunakan algoritma genetika. Posisi kamera terbaik ketika kamera melihat hasil proyeksi dari objek yang memiliki luasan paling besar, diantara luasan yang paling besar adalah yang memiliki nilai *viewpoint entropy* yang maksimum. Data yang digunakan dalam penelitian berupa objek 3 dimensi yang memiliki koordinat x, y dan z dan telah memiliki vertek yang sebidang dan membentuk face pada objek 3 dimensi. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah menggambarkan posisi awal kamera terhadap objek 3 dimensi, dimana dalam mencari letak posisi kamera tersebut berdasarkan objek yang bergerak ke koordinat kamera dengan menggunakan algoritma genetika. Proses algoritma genetika terdiri dari beberapa proses yaitu transformasi dan *viewpoint entropy*. Hasil *viewpoint entropy* dari objek yang telah ditransformasi pada objek 3 dimensi digunakan untuk mencari posisi kamera terbaik, diantara posisi kamera terbaik adalah yang mempunyai nilai *viewpoint entropy* yang maksimum. Berikut beberapa tahapan dalam penelitian ini, seperti dalam Gambar 3.1:

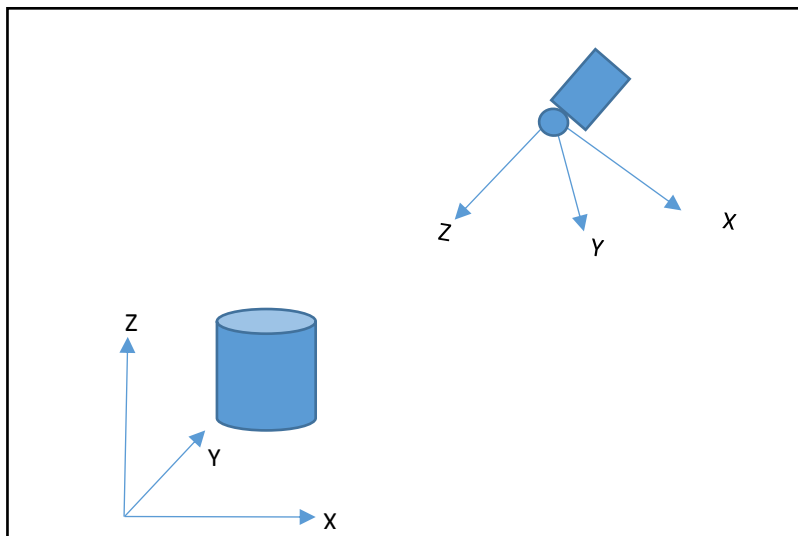


Gambar 3.1: Alur Penelitian kerja sistem

### 3.1 Posisi kamera

Posisi kamera terhadap objek 3 dimensi memiliki peranan penting dalam penelitian ini. Posisi kamera dan objek sama-sama memiliki koordinat  $x$ ,  $y$  dan  $z$ , dan berhimpit, namun posisi kamera dan objek berada pada arah dan posisi berbeda. Sumbu  $z$  pada objek tegak lurus bidang datar objek, sumbu  $x$  tegak lurus dengan sumbu  $z$  dan sumbu  $y$  tegak lurus diantara sumbu  $z$  dan  $x$ . Sedangkan sumbu  $z$  pada kamera menghadap pada koordinat objek, dimana sumbu  $z$  kamera tegak lurus dengan sumbu  $x$  pada kamera.

Gambar 3.2 menggambarkan posisi kamera terhadap objek 3 dimensi yang akan dicari. Posisi kamera dicari berdasarkan luasan objek, sehingga hasil posisi objek yang memiliki luasan terbesar diproyeksikan ke arah posisi kamera.



Gambar 3.2 koordinat objek dan kamera (Hartley & Zisserman, 2000).

Untuk mendapatkan koordinat kamera yang mempunyai sumbu  $Z$  menghadap ke objek seperti pada Gambar 3.2 diperlukan proses transformasi bidang objek. Proses transformasi objek yaitu rotasi dan translasi, posisi awal kamera dengan objek memiliki sumbu koordinat yang berhimpit karena data objek sudah berbentuk 3 dimensi. Untuk mencari posisi kamera seperti Gambar 3.2 maka, objek ditransformasi dengan rotasi dan translasi, sehingga menghasilkan perubahan posisi objek. Dari perubahan posisi objek, dilakukan transformasi untuk

mendapatkan posisi kamera terbaik menggunakan metode *viewpoint entropy* pada persamaan 2.2, dimana  $ai$  adalah luasan yang terlihat yang diproyeksikan, sedangkan  $at$  adalah total dari keseluruhan luasan  $ai$  pada masing-masing objek. Hasil dari rotasi kemudian translasi yang mempunyai luasan paling besar diproyeksikan ke kamera, sehingga menjadi posisi kamera terbaik ketika kamera melihat proyeksi dari objek yang memiliki luasan paling besar, dimana posisi kamera mempunyai sumbu z menghadap ke objek, sumbu x tegak lurus dengan sumbu z dan sumbu y diantara sumbu x dan z.

Untuk mentransformasikan dari koordinat obyek ke koordinat kamera dapat dilakukan dengan persamaan (2.8) rotasi terhadap sumbu x dan persamaan 2.9 rotasi terhadap sumbu z dihasilkan persamaan 3.1:

$$R' = R_x \quad (3.1)$$

$$M = R_z R' \quad (3.2)$$

Persamaan 3.1,  $R'$  adalah matrik hasil transformasi objek terhadap sumbu x, kemudian  $M$  adalah hasil nilai matrik transformasi yang dihasilkan dari rotasi terhadap sumbu z dari matrik  $R'$ . Hasil dari transformasi  $M$ , ditranslasikan ke system koordinat kamera sehingga posisi objek sama dengan posisi koordinat kamera. Untuk mendapatkan nilai translasi objek ke koordinat kamera, dapat dihitung dengan persamaan 3.2:

$$P = MT \quad (3.3)$$

$P$  merupakan hasil translasi dari koordinat objek matrik  $M$ , sehingga hasil dari translasi  $P$  menghasilkan koordinat baru yang akan dicari nilai terbaik pada objek 3 dimensi.

File objek yang digunakan dalam penelitian ini berupa file tiga dimensi yang memiliki informasi koordinat x, y dan z, dimana x, y dan z menunjukkan system koordiant Cartesian yang mempunyai nilai lebar, panjang dan tinggi. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data tiga dimensi yang memiliki format file obj. File tersebut meyimpan informasi vertex dan telah membentuk face

yang dimiliki oleh sebuah obyek tiga dimensi. Sehingga data dalam file tersebut merupakan data untuk satu buah obyek tiga dimensi.

Informasi file objek 3 dimensi yang digunakan dalam penelitian sudah membentuk *vertex* dan *face*, sehingga dari data tersebut didapatkan data dalam bentuk matriks. *Vertex* terdiri dari 3 komponen koordinat yaitu  $x$ ,  $y$  dan  $z$  yang kemudian yang membentuk satu *face* dalam data 3 dimensi.

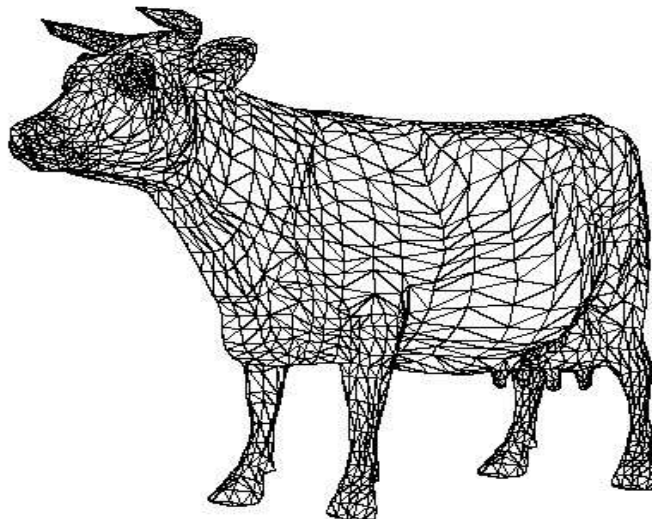
$$f = [v_1, v_1, v_1]$$

$$f_2 = [v_2, v_2, v_2]$$

$$f_3 = [v_3, v_3, v_3]$$

$$f_n = [v_n, v_n, v_n]$$

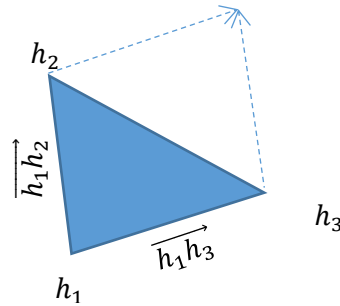
Dimana  $v$  adalah vertek dari masing-masing *face* dengan banyaknya vertek tergantung dari masing-masing objek. *Face* pada data objek 3D sapi seperti pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3: Contoh *face* yang membentuk 3D sapi

Gambar 3.3, contoh objek sapi yang memiliki 5722 *face*, dimana setiap *face* memiliki 3 vertek yang membentuk *face* tersebut. Setiap vertek memiliki koordinat  $x$ ,  $y$  dan  $z$  yang sebidang dan memiliki nilai vertek yang berbeda. Dari luasan yang terbentuk dapat dihitung nilai *viewpoint entropy* sesuai dengan rumus 2.2. Luasan

face  $a_i$  pada persamaan 2.2 adalah luas dari segitiga tiap-tiap face yang terlihat dan yang akan diproyeksikan sedangkan  $a_t$  adalah jumlah keseluruhan face segitiga polygon pada objek 3D. Dari tiap- tiap face dapat di gambarkan seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4: luasan segitiga polygon

Gambar 3.4 adalah face pada salah satu objek 3D yang sebidang. Tiap bidang memiliki koordinat x, y dan z yang berbeda dengan face yang laen. Perhitungan untuk mencari luasan pada face tersebut dapat dihitung dengan menggunakan teori *parallelogram*, yaitu dengan mencari *cross product* dari vektor pada masing–masing vertek dalam face tersebut, kemudian hasil dari *cross product* dilanjutkan dengan *dot product* sesuai dengan teori *parallelogram*. Dari vertek pada Gambar 3.4 dapat dihitung cross product dengan menggunakan rumus dengan persamaan 3.4:

$$\vec{v} = \overrightarrow{h_1h_2} \times \overrightarrow{h_1h_3} \quad (3.4)$$

Dari persamaan 3.4 diatas,  $\vec{v}$  adalah hasil *cross product* dari vektor  $\overrightarrow{p_1p_2}$  dengan  $\overrightarrow{p_1p_3}$ , dimana vektor  $\overrightarrow{p_1p_2}$  adalah selisih antara vertek p2 (a, b, c) dengan vertek sehingga menghasilkan vektor yang mempunyai arah ke p2. Besaran vektor  $\overrightarrow{p_1p_3}$  adalah selisih antara vertek p3 (a, b, c) dengan vertek p1 (g, h, i) sehingga menghasilkan vektor yang mempunyai arah ke p3. Dari hasil *cross product* tersebut menghasilkan vektor  $\vec{v}$ , dari nilai yang sudah didapatkan, dilanjutkan dengan perhitungan *dot product* pada vektor  $\vec{v}$  dengan rumus persamaan 3.5:

$$s = ||\vec{v}|| \quad (3.5)$$

Dari persamaan 3.5,  $s$  adalah hasil dari *dot product*  $\vec{v}$  yang menghasilkan nilai  $s$  berupa nilai skalar. Dari nilai  $s$  yang sudah didapatkan, maka dapat dihitung nilai dari luasan segitiga polygon yang membentuk objek 3D seperti pada Gambar 3.4 dengan persamaan 3.6:

$$a_k = \frac{1}{2} s \quad (3.6)$$

Dari persamaan 3.6,  $a_k$  adalah hasil nilai dari luasan pada face seperti pada Gambar 3.4. Setelah nilai luasan dapat diketahui, maka untuk mencari nilai luasan terlihat yang akan diproyeksikan dengan menggunakan persamaan 3.4, tidak semua hasil dari vector  $\vec{v}$  akan diproyeksikan, karena didalam hasil nilai dari  $\vec{v}$  terdapat nilai negative dan positif. Untuk mendapatkan nilai luasan yang terlihat dan akan diproyeksikan, maka hasil dari  $\vec{v}$  yang dipilih yaitu yang memiliki nilai lebih besar dari 0 pada sumbu z. Hasil dari data vector yang ditemukan pada  $\vec{v}$ , digunakan persamaan 3.5 kemudian hasil dari data dicari luasan yang terlihat dengan persamaan 3.6, sehingga nilai luasan yang terlihat dapat diketahui. Setelah nilai luasan dari polygon diketahui, selanjutnya mencari nilai  $a_t$ , diantara nilai  $a_t$  pada persamaan 2.2 adalah total keseluruhan dari luasan segitiga yang telah didapatkan. Banyaknya luasan segitiga yang membentuk objek 3D tergantung dari masing-masing objek, sehingga nilai  $a_t$  dapat dirumuskan dengan persamaan 3.7:

$$a_t = \sum_{k=1}^{n_k} a_k \quad (3.7)$$

Dari persamaan 3.7,  $a_t$  adalah total dari  $a_k$  luasan segitiga, dengan banyaknya luasan segitiga  $a_k$  yang membentuk masing-masing objek 3D sebanyak  $k$  pada masing-masing luasan.



### 3.2 Algoritma Genetika yang di usulkan dalam penelitian

Algoritma genetika yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk mengoptimasi posisi kamera terbaik pada sebuah objek 3D berbasis *viewpoint entropy*. Penentuan posisi kamera terbaik ketika hasil proyeksi dari objek 3 dimensi yang memiliki *viewpoint entropy* maksimum yang didapatkan pada masing-masing fitness pada model 3D tersebut. Hasil dari optimasi posisi kamera tersebut ditampilkan pada autocad berupa tampilan model 3D. Ada beberapa langkah yang harus diperhatikan didalam melakukan proses algoritma genetika untuk menghasilkan sebuah solusi yang optimum, diantaranya:

1. Menentukan persamaan fungsi.
2. Menentukan fitness.
3. Mendefinisikan bentuk kromosom
4. Menentukan seleksi.
5. Menentukan proses perkawinan silang (crossover).
6. Menentukan mutasi.

#### 3.2.1 Menentukan persamaan fungsi

Langkah pertama yang dilakukan dalam algoritma genetika adalah menentukan fungsi, dimana dari persamaan 3.2 dan 3.3 dihasilkan suatu fungsi untuk melakukan proses algoritma genetika yaitu dengan persamaan 3.5:

$$f(P) = PH(V) \quad (3.8)$$

Pada persamaan 3.5, P adalah hasil transformasi dari koordinat objek, sedangkan H(V) dari persamaaan 2.2 adalah perhitungan *viewpoint entropy* dari hasil P.

#### 3.2.2 Menentukan fitness

Penentuan fitness sangat penting pada proses algoritma genetika. Nilai fitness merupakan suatu ukuran baik tidaknya suatu solusi yang dinyatakan sebagai satu individu, atau dengan kata lain nilai fitness menyatakan nilai dari fungsi untuk mencapai tujuan. Untuk menentukan nilai fitness dalam penelitian ini, digunakan hasil dari persamaan 3.5 sehingga mempunyai fitness dengan persamaan 3.6:

$$\text{Fitness} = f(P) \quad (3.9)$$

Pada persamaan 3.9,  $f(P)$  adalah nilai dari perhitungan *viewpoint entropy* terhadap objek yang telah transformasi yang merupakan hasil luasan yang terlihat yang akan diproyeksikan ke kamera. Dari hasil fitness, dicari yang memiliki nilai paling maksimum.

### 3.2.3 Menentukan bentuk kromosom

Menentukan individu pada algoritma genetika adalah menentukan kromosom, kromosom yang digunakan pada penelitian ini adalah kromosom biner 8 bit. Model kromosom 8 bit merupakan kromosom standart (Goldberg , 1989) dari algoritma genetika (yang terdiri dari bilangan biner yang disusun dan gen 0 dan 1. Untuk mencari kromosom pada posisi kamera, digunakan kromosom biner berjumlah 16 gen, dimana 16 gen terdiri dari 2 bagian yaitu gen ke 1 sampai 8 adalah kromosom rotasi sudut X dan gen ke 9 sampai 16 adalah kromosom rotasi sudut Z. Kromosom posisi kamera seperti pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1 Kromosom posisi kamera

Individu	Kromosom Rotasi Sudut Z	Kromosom Rotasi Sudut X
ke-n	8 bit	8 bit

Tabel 3.1 merupakan individu posisi kamera sebanyak n buah dengan masing-masing individu memiliki kromosom yang terdiri dari gen dengan nilai biner yang berbeda pada tiap-tiap kromosom. Masing-masing kromosom memiliki rotasi sudut Z dan rotasi sudut X. Rotasi sudut Z adalah rotasi sudut terhadap sumbu Z dan rotasi sudut X adalah rotasi sudut terhadap sumbu X. Masing-masing kromosom mempunyai nilai *range* posisi sudut antara 0 sampai dengan  $2\pi$  dengan gen bernilai biner, sehingga diperlukan konversi dari biner ke decimal pada masing-masing gen supaya gen bernilai decimal dengan persamaan 3.6:

$$U = \frac{\text{biner}(U)}{2^b - 1} x_{max} + x_{min} \quad (3.10)$$

Dari persamaan 3.6,  $b$  adalah jumlah bit dari masing-masing kromosom, nilai  $x_{max}$  adalah  $2\pi$ , nilai  $2\pi$  diambil karena satu lingkaran bernilai  $2\pi$ , sedangkan  $x_{min}$  adalah 0 derajat, range  $x_{min}$  adalah nilai awal rotasi dimulai, sedangkan  $biner(U)$  adalah hasil konversi dari nilai biner ke decimal pada kromosom dalam suatu individu.

#### **3.2.4 Seleksi**

Seleksi dilakukan setelah masing-masing fitness dari kromosom didapatkan. Fitness yang memiliki nilai paling besar memiliki probabilitas paling besar untuk menjadi individu terbaik. Hasil individu dari seleksi digunakan untuk menghitung probabilitas individu mana yang keluar sebagai individu crossover. Seleksi menggunakan Roulette wheel. Berikut adalah langkah dalam melakukan seleksi:

1. Hitung peluang probabilitas untuk tiap individu.
2. Bangkitkan data random sebanyak individu.
3. Tukar posisi individu dengan nilai random terdekat.

#### **3.2.5 Crossover**

Hasil individu dari kromosom seleksi akan dilakukan cross-over, dimana proses yang akan dilakukan adalah mengkombinasikan dua individu hasil seleksi, yang diharapkan dari hasil tersebut mendapatkan individu yang mempunyai fitness lebih tinggi dari sebelumnya. Tidak semua pasangan individu hasil seleksi mengalami cross-over, banyaknya pasangan individu yang akan mengalami cross-over ditentukan oleh parameter probabilitas cross-over( $pc$ ). Berikut adalah kromosom posisi kamera yang di cross-over:

Berikut adalah langkah dalam melakukan cross-over:

1. Tentukan nilai  $pc$
2. Bangkitkan nilai random sebanyak populasi.
3. Lakukan proses cross-over.

### 3.2.6 Mutasi

Langkah selanjutnya dalam algoritma genetika adalah mutasi. Dimana mutasi berperan untuk menggantikan nilai dari hasil individu dari cross-over dengan nilai yang dibangkitkan dari nilai random, tidak semua individu hasil cross-over terkena mutasi, letak rotasi sudut yang akan dilakukan mutasi dipilih secara acak dan ditentukan oleh nilai dari probabilitas mutasi( $pm$ ). Nilai mutasi dapat diisi sesuai dengan yang diinginkan. Semakin besar nilai mutasi maka akan semakin banyak data individu hasil cross-over yang terkena proses mutasi. Berikut langkah-langkah dari proses mutasi:

1. Tentukan nilai mutasi  $pm$
2. Bangkitkan nilai random data sebanyak data populasi individu.
3. Ganti nilai gen (0 ke 1, atau 1 ke 0) dari kromosom hasil cross-over.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan beberapa hasil dari tahapan–tahapan pada penelitian ini, tahapan ini merupakan implementasi dari bab 3 yaitu menentukan posisi kamera terbaik berbasis *viewpoint entropy* dengan menggunakan algoritma genetika. Tahapan dari penelitian ini, data yang digunakan sudah membentuk file 3D, yang mempunyai face yang memiliki vertek. Dari data file vertek di lakukan proses *viewpoint entropy*, diantara posisi kamera terbaik adalah ketika obejk 3 dimensi yang memiliki luasan palingbesar yaitu yang memiliki viewpoint kamera mendapatkan hasil proyeksi luasan dari objek yang memiliki nilai *viewpoint entropy* maksimum atau yang memiliki luasan paling besar pada masing-masing rotasi dengan menggunakan algoritma genetika.

#### 4.1 Data Uji

Data yang digunakan memiliki format obj yang berisi informasi face yang memiliki vertek yang membentuk 3D dengan jumlah vertek yang berbeda-beda. Dari masing masing face memiliki informasi vertek:  $p_1, p_2, p_3$ , masing-masing vertek memiliki informasi koordinat x, y, z sehingga membentuk 3D. Susunan contoh data file 3D yang membentuk face dengan masing-masing vertek memiliki informasi koordinat x, y, z ditunjukkan pada Tabel 4.1:

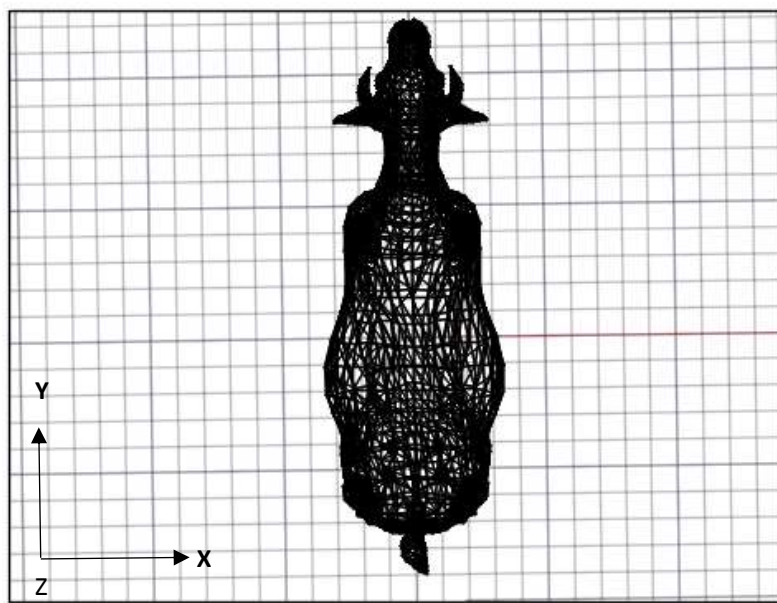
Tabel 4.1 Komponen *face*

Vertek	Face					
	1			2		
	X	Y	Z	X	y	Z
P <sub>1</sub>	0.73945	2.3515	-1.317	0.72101	2.3857	-0.77378
P <sub>2</sub>	0.75048	2.1897	-1.4773	0.67386	2.4818	-0.94447
P <sub>3</sub>	0.63704	2.2839	-1.5268	0.56737	2.5602	-0.82096

Pada Tabel 4.1, baris pertama, kedua dan ketiga berturut – turut menunjukkan data vertek face ke 1 dan ke 2 dengan masing-masing vertek  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ . Kolom menunjukkan informasi dari beberapa indeks face yang memiliki komponen x, y, z pada masing-masing indeks vertek.

#### 4.2 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek sapi

Objek sapi yang digunakan pada penelitian ini memiliki 5772 face. Posisi awal kamera terhadap objek sapi terlihat pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Posisi awal kamera terhadap objek sapi

Posisi awal kamera pada Gambar 4.1 mempunyai hasil *viewpoint entropy* dengan nilai 1.8916. Untuk mendapatkan hasil optimasi kamera terbaik terhadap objek sapi dengan menggunakan algoritma genetika, maka posisi kamera awal dibangkitkan secara random dengan konfigurasi algoritma genetika pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Konfigurasi algoritma genetika pada sapi

Variabel	Nilai
Populasi	60
Generation	5
$p_m$	0.3
$p_c$	0.4

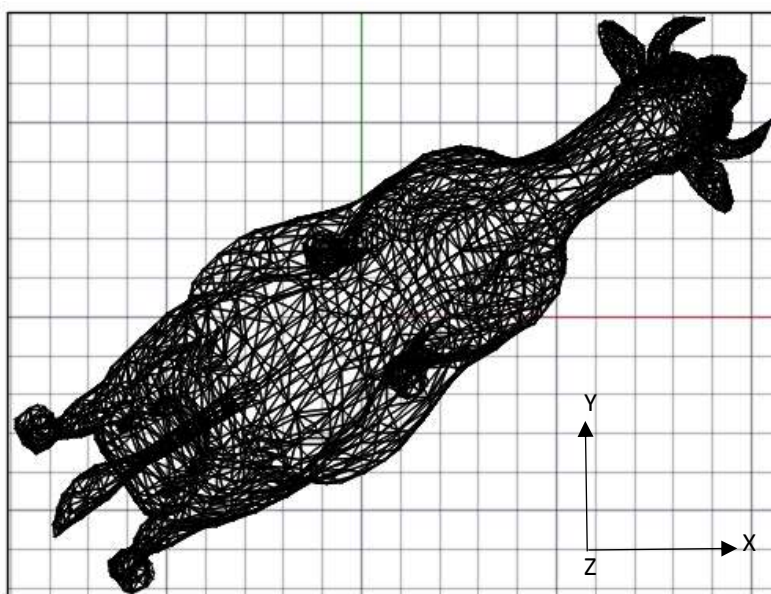
Pada Tabel 4.2 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika. Nilai populasi menunjukan random posisi kamera sebanyak 60 data, dengan batasan nilai  $pm$  adalah 0,3 dan batasan nilai  $pc$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 60 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 300 data. Hasil dari masing–masing individu memiliki nilai *viewpoint entropy*, dapat diketahui pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Hasil *viewpoint entropy* pada objek sapi

No Individu	Viewpoint entropi	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.782349510313080	238.5882	146.8235
2	1.676047393480030	80.47059	111.5294
3	1.727129389145270	72	49.41176
4	1.956972267523230	319.0588	259.7647
5	1.906450953224180	186.3529	295.0588
6	1.885216950050860	25.41176	214.5882
7	1.897821016900340	357.1765	275.2941
8	1.854691009115270	225.8824	201.8824
9	1.885365588317450	28.23529	56.47059
10	1.610287960891220	276.7059	94.58824
11	1.933573486840360	313.4118	207.5294
12	1.717690264292660	247.0588	223.0588
13	1.905349498695312	221.7647	102.11764
14	1.922644274886220	350.1176	202.5294
233	1.975349498695312	331.7647	302.11764
300	1.945349498695312	121.7647	232.11764

Dari Tabel 4.3 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 60 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 300 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.3 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar

238.5882 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 146.8235 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1.782349510313080. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu X adalah 80.47059 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu Z sebesar 111.5294 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.676047393480030. Data individu ke 3 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 72 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 49.41176 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.727129389145270. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil *viewpoint entropy* berada pada data individu ke 20 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 1.975349498695312 dengan sudut rotasi sumbu X adalah 331.7647 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu Z adalah 302.1176 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek, dapat dilihat pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2 Posisi kamera terbaik terhadap objek sapi

Gambar 4.2 menjelaskan posisi kamera terbaik pada objek sapi. Kamera adalah mata kita yang memiliki sumbu z ke arah objek, sedangkan objek menghadap ke mata kita dengan sumbu z ke arah kita. Posisi kamera bila dibandingkan dengan posisi awal terdapat perbedaan yang besar. Posisi kamera awal memiliki *viewpoint entropy* adalah 1.8916 dan posisi kamera terbaik memiliki *viewpoint entropy*



dengan nilai 1.975349498695312. Hasil tersebut merupakan luasan permukaan objek yang diproyeksikan ke kamera.

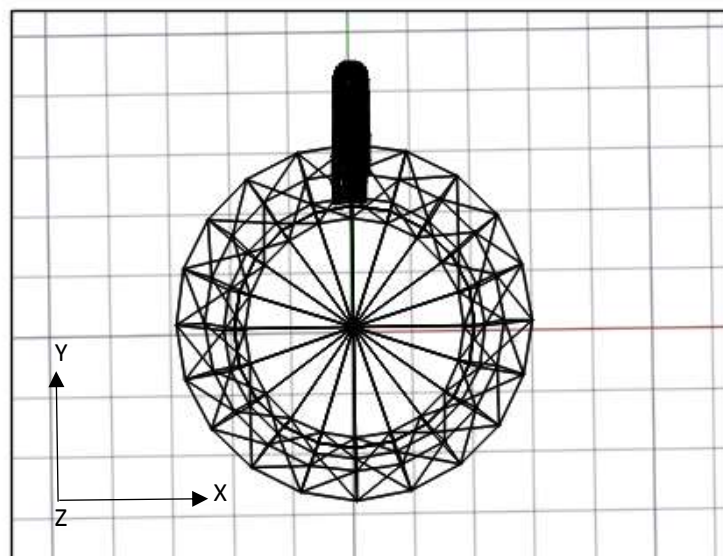
#### 4.3 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek gelas

Hasil optimasi posisi kamera terhadap objek gelas menggunakan konfigurasi algoritma genetika dengan range sudut 0 sampe  $2\pi$  pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Konfigurasi algoritma genetika pada 3D gelas

Variabel	Nilai
Populasi	100
Generation	5
$p_m$	0.3
$p_c$	0.4

Pada Tabel 4.4 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika posisi kamera terhadap objek gelas. Nilai populasi menunjukan random individu posisi kamera sebanyak 100 data, dengan batasan nilai  $p_m$  adalah 0,3 dan batasan nilai  $p_c$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 100 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 500 data. Posisi kamera terhadap objek gelas sebelum proses algoritma genetika seperti pada Gambar 4.3:



Gambar 4.3 Posisi awal kamera terhadap gelas

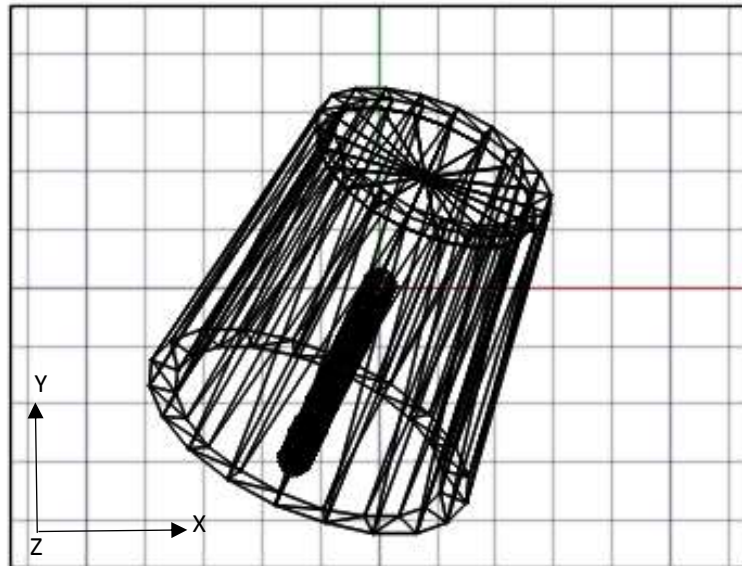
Gambar 4.3 merupakan posisi awal kamera terhadap objek gelas yang mempunyai *viewpoint entropy* sebesar 0.963272243445532. Sumbu z pada Gambar 4.3 menghadap kearah kita, sumbu x dan y tegak lurus terhadap sumbu z. Setelah dilakukan optimasi dengan algoritma genetika dengan konfigurasi pada Tabel 4.4 didapatkan hasil dari masing–masing individu dengan masing-masing memiliki nilai *viewpoint entropy* dapat dilihat pada Tabel 4.5:

Tabel 4.5 Hasil *viewpoint entropy* pada gelas

No Individu	<i>Viewpoint entropi</i>	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.488418880059930	117.1765	244.2353
2	1.336743491560850	144	73.41176
3	1.400906896012170	83.29412	248.4706
4	1.342540609457990	221.6471	55.05882
5	1.479656309444200	110.1176	145.4118
6	1.258530737701960	333.1765	347.2941
7	0.952657400400390	354.3529	176.4706
8	0.963272243445532	360	290.8235
9	1.483174443285960	121.4118	282.3529
10	1.496461357907460	303.5294	49.41176
423	1.503091772829666	297.8824	155.2941
500	1.137564549534510	159.5294	279.5294

Dari Tabel 4.5 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 100 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 500 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.5 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar 117.1765 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 244.2353 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1.488418880059930. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 144 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 73.41176 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy*

sebesar 1.336743491560850. Data individu ke 12 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 323.2941 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 7.058824 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.368579998604000. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil *viewpoint entropy* berada pada data individu ke 423 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 1.503091772829666 dengan sudut rotasi sumbu x adalah 297.8824 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu z adalah 155.2941 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek gelas, dapat dilihat pada Gambar 4.4:



Gambar 4.4 Posisi kamera terbaik terhadap objek gelas

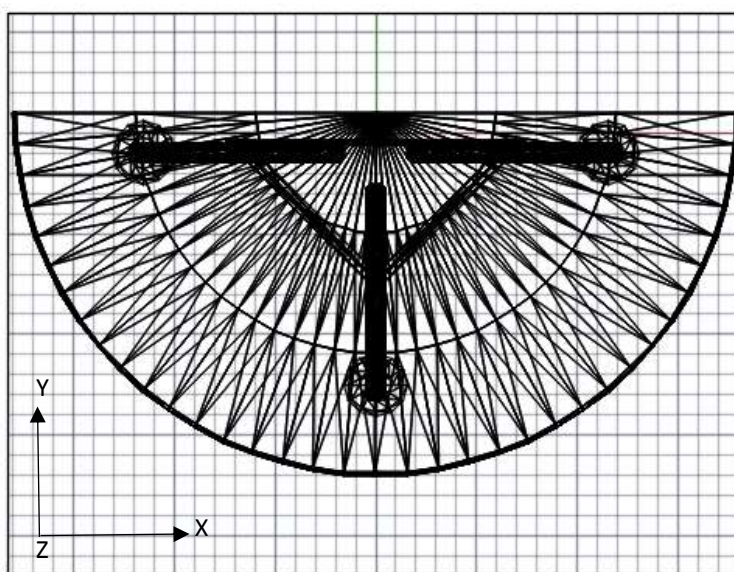
#### 4.4 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek meja

Hasil optimasi objek 3D meja menggunakan konfigurasi algoritma genetika dengan range sudut 0 sampe  $2\pi$  pada Tabel 4.6:

Tabel 4.6 Konfigurasi algoritma genetika pada meja

Variabel	Nilai
Populasi	100
Generation	5
$p_m$	0.3
$p_c$	0.4

Pada Tabel 4.6 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika posisi kamera terhadap objek meja. Nilai populasi menunjukan random individu posisi kamera sebanyak 100 data, dengan batasan nilai  $pm$  adalah 0,3 dan batasan nilai  $pc$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 100 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 500 data. Posisi kamera terhadap objek meja sebelum proses algoritma genetika pada Gambar 4.5:



Gambar 4.5 Posisi awal kamera terhadap objek meja

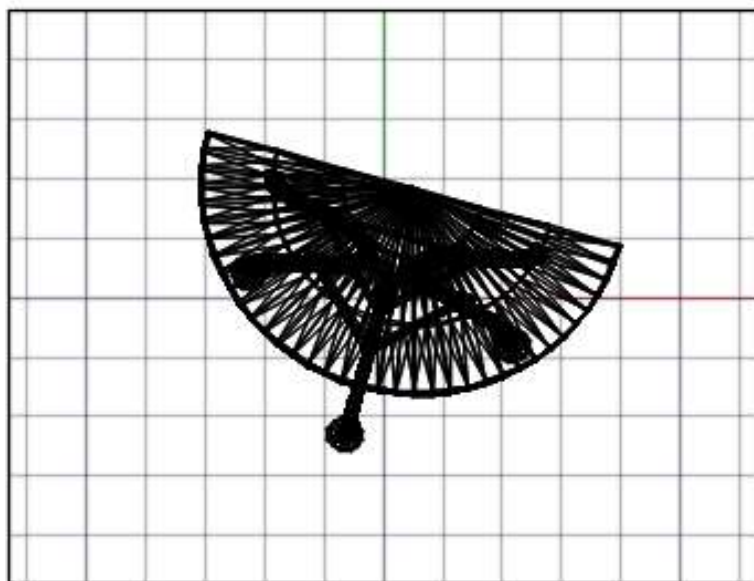
Gambar 4.5 merupakan posisi awal kamera terhadap objek meja yang mempunyai *viewpoint entropy* sebesar 0.963272243445532 yang memiliki rotasi terhadap sumbu x dan sumbu z adalah 0 derajat. Sumbu Z objek pada Gambar 4.6 menghadap kearah kita, sumbu x dan z tegak lurus terhadap sumbu z. Posisi kamera mempunyai sumbu koordinat sendiri, yaitu sumbu z pada kamera adalah menghadap ke objek sehingga hasil proyeksi dari objek sebidang dengan sumbu z pada kamera, sedangkan sumbu x pada kamera adaalah kea rah kanan yaitu pada tangan kanan kita, sedangkan sumbu y adalah tegak lurus terhadap sumbu x dan sumbu z pada posisi kamera. Setelah dilakukan optimasi dengan algoritma genetika dengan konfigurasi pada Tabel 4.6 didapatkan hasil dari individu dengan masing-masing memiliki nilai *viewpoint entropy* dapat dilihat pada Tabel 4.7:

Tabel 4.7 Hasil *viewpoint entropy* pada meja

No Individu	<i>Viewpoint entropi</i>	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.535977136630160	256.9412	19.76471
2	2.285894701488440	135.5294	0
3	1.590989297121210	283.7647	33.88235
4	2.346146323570800	312	357.1765
5	2.067907618632260	59.29412	220.2353
6	2.629403022142810	351.5294	96
7	2.249828301583800	228.7059	262.5882
8	2.313023458366500	48	98.82353
9	1.956222387348780	242.8235	238.5882
10	2.360299371985910	221.6471	347.2941
11	1.160902513453960	94.58824	139.7647
12	2.351370614789830	139.7647	57.88235
332	2.650907952196218	343.0588	334.4706
500	2.421535078864650	11.2941	145.4188

Dari Tabel 4.7 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 100 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 500 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.7 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar 256,9412 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 19,76471 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1,535977136630160. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 135,5294 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 0 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 2.285894701488440. Data individu ke 11 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu X adalah 94,58824 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 139,7647 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1,160902513453960. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil

*viewpoint entropy* berada pada data individu ke 332 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 2.650907952196218 dengan sudut rotasi sumbu x adalah 343,0588 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu z adalah 334,4706 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek meja, dapat dilihat pada Gambar 4.6:



Gambar 4.6 Posisi kamera terbaik terhadap objek meja

#### 4.5 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek pesawat

Proses mendapatkan hasil optimasi objek 3D pesawat menggunakan konfigurasi algoritma genetika dengan range sudut 0 sampe 2pi pada Tabel 4.8:

Tabel 4.8 Konfigurasi algoritma genetika pada pesawat

Variabel	Nilai
Populasi	100
Generation	5
$p_m$	0.3
$p_c$	0.4

Pada Tabel 4.8 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika posisi kamera terhadap objek pesawat. Nilai populasi menunjukan random individu posisi kamera sebanyak 100 data, dengan batasan nilai  $p_m$  adalah 0,3 dan batasan

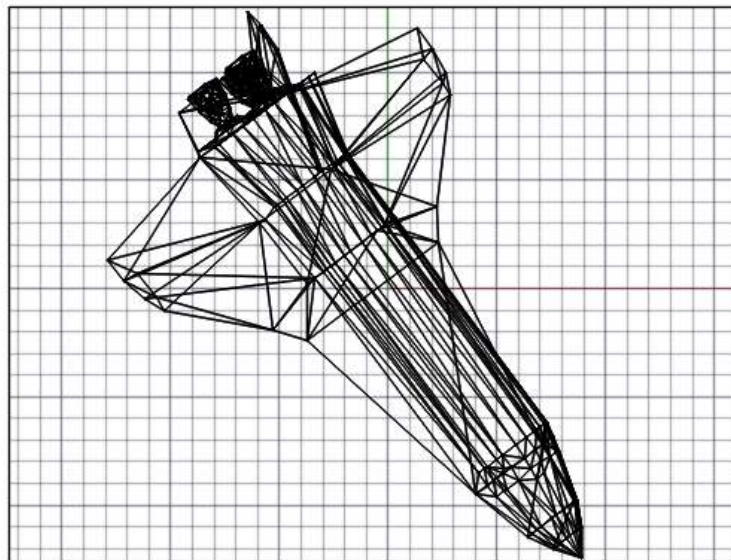
nilai  $pc$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 100 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 500 data. Setelah dilakukan optimasi dengan algoritma genetika dengan konfigurasi pada Tabel 4.8 didapatkan hasil dari masing-masing individu dengan masing-masing memiliki nilai *viewpoint entropy* dapat dilihat pada Tabel 4.9:

Tabel 4.9 Hasil *viewpoint entropy* pada pesawat

No Individu	<i>Viewpoint entropi</i>	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.170852658631080	176.4706	330.3529
2	1.638687153078100	105.8824	16.94118
3	1.633076310860050	104.4706	265.4118
4	1.603822878953400	141.1765	132.7059
5	1.227806147946290	352.9412	206.1176
6	1.619725481533720	101.6471	307.7647
7	1.601220023436810	206.1176	280.9412
8	1.994627437317860	293.6471	295.0588
9	1.975047506986260	262.5882	326.1176
10	1.453240111763030	341.6471	324.7059
11	1.542324796914910	31.05882	76.23529
12	1.615868122390640	79.05882	355.7647
332	2.006208218124270	288	127.0588
500	1.308735155138790	105.8824	16.94118

Dari Tabel 4.9 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 100 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 500 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.9 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar 176,4706 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 330,3529 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1.170852658631080. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 105,8824 derajat dan rotasi sudut

terhadap sumbu z sebesar 16,9411 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.638687153078100. Data individu ke 12 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 79,0588 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 355,7647 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.615868122390640. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil *viewpoint entropy* berada pada data individu ke 332 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 2.006208218124270 dengan sudut rotasi sumbu x adalah 288 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu z adalah 127,0588 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek pesawat, dapat dilihat pada Gambar 4.7:



Gambar 4.7 Posisi kamera terbaik terhadap objek pesawat

#### 4.6 . Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek peluru

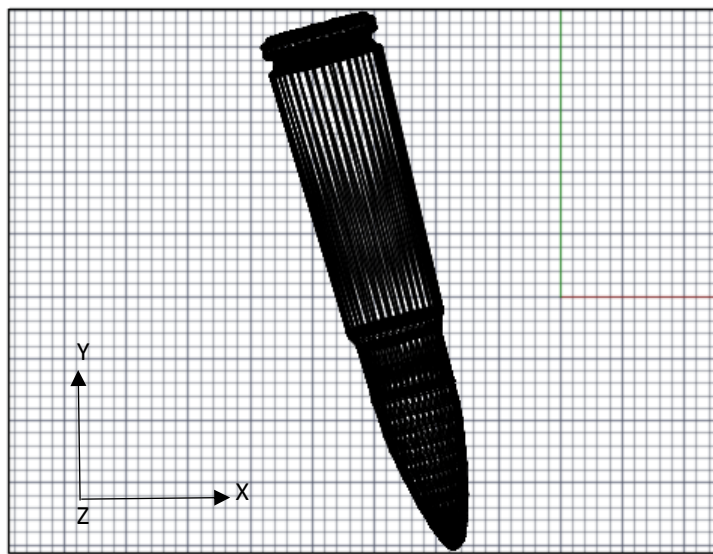
Hasil optimasi posisi kamera terhadap objek peluru menggunakan konfigurasi algoritma genetika dengan range sudut 0 sampe  $2\pi$  pada Tabel 4.10:

Tabel 4.10 Konfigurasi algoritma genetika pada 3D peluru

Variabel	Nilai
Populasi	100
Generation	5
$p_m$	0.3



Pada Tabel 4.10 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika posisi kamera terhadap objek peluru. Nilai populasi menunjukan random individu posisi kamera sebanyak 100 data, dengan batasan nilai  $pm$  adalah 0,3 dan batasan nilai  $pc$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 100 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 500 data. Posisi kamera terhadap objek peluru sebelum proses algoritma genetika seperti pada Gambar 4.8:



Gambar 4.8 Posisi awal kamera terhadap peluru

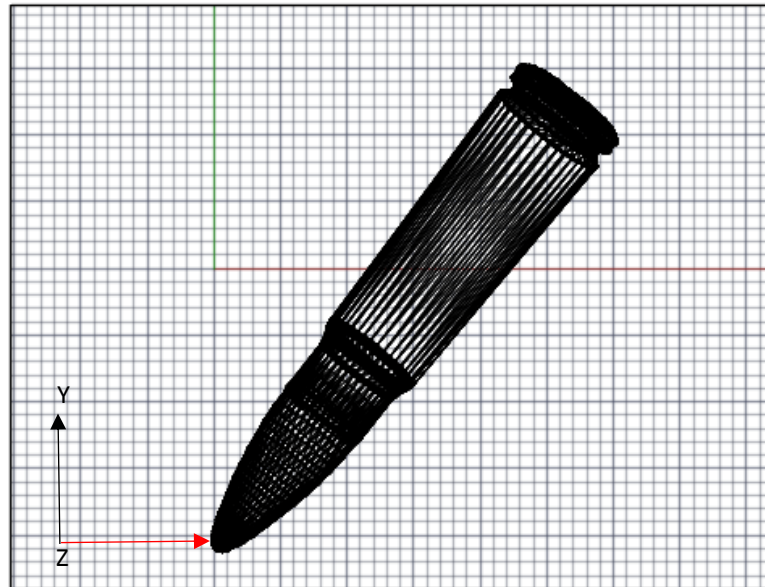
Gambar 4.8 merupakan posisi awal kamera terhadap objek peluru yang mempunyai *viewpoint entropy* sebesar 0.963272243445532. Sumbu z objek pada Gambar 4.8 menghadap kearah kita, sumbu x dan y tegak lurus terhadap sumbu z. Sedangkan sumbu z pada kamera berlawanan arah dengan sumbu z pada objek, sehingga kamera memiliki sumbu z kearah objek. Untuk mendapatkan posisi kamera maka dilakukan optimasi untuk mencari nilai *viewpoint entropy* yang maksimal. Dari setiap transformasi, dihasilkan berbagai nilai *viewpoint entropy* yang dapat digunakan untuk mengetahui posisi kamera terbaik. Setelah dilakukan optimasi dengan algoritma genetika dengan konfigurasi pada Tabel 4.10 didapatkan hasil dari masing-masing individu dengan masing-masing memiliki nilai *viewpoint entropy* dapat dilihat pada Tabel 4.11:

Tabel 4.11 Hasil *viewpoint entropy* pada peluru

No Individu	<i>Viewpoint entropy</i>	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.488418880059930	127.1765	144.2353
2	1.336743491560850	144	73.41176
3	1.400906896012170	83.29412	248.4706
4	1.342540609457990	221.6471	55.05882
5	1.479656309444200	110.1176	145.4118
6	1.258530737701960	333.1765	347.2941
7	0.952657400400390	354.3529	176.4706
8	0.963272243445532	360	290.8235
9	1.483174443285960	121.4118	282.3529
10	1.496461357907460	303.5294	49.41176
323	2.098879481504174	169,4188	156.7059
500	2.093705386626409	176.406	7.5294

Dari Tabel 4.11 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 100 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 500 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.11 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar 127.1765 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 144.2353 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1.488418880059930. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 144 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 73.41176 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.336743491560850. Data individu ke 12 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 323.2941 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 7.058824 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.368579998604000. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil *viewpoint entropy* berada pada data individu ke 323 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 2.098879481504174 dengan sudut rotasi sumbu x

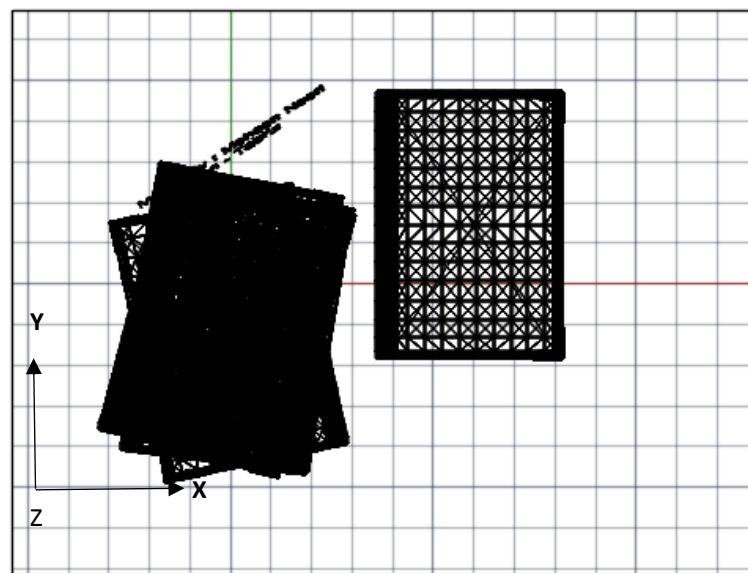
adalah 169,4188 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu z adalah 159.7056 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek peluru, dapat dilihat pada Gambar 4.9:



Gambar 4.9 Posisi kamera terbaik terhadap objek peluru

#### 4.7 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek buku

Posisi awal kamera terhadap objek buku terlihat pada Gambar 4.10:



Gambar 4.10 Posisi awal kamera terhadap objek buku

Posisi awal kamera pada Gambar 4.10 mempunyai hasil *viewpoint entropy* dengan nilai 1.8916. Untuk mendapatkan hasil optimasi kamera terbaik terhadap objek buku dengan menggunakan algoritma genetika, maka posisi kamera awal dibangkitkan secara random dengan konfigurasi pada Tabel 4.12:

Tabel 4.12 Konfigurasi algoritma genetika pada buku

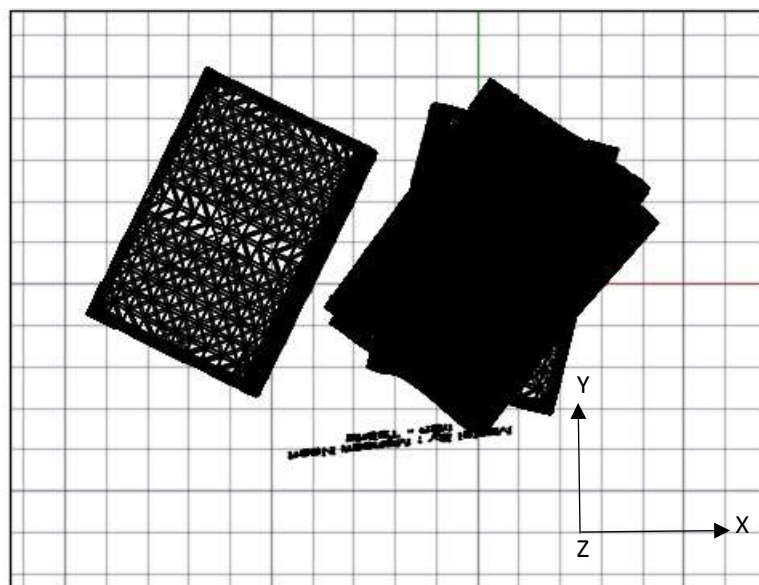
Variabel	Nilai
Populasi	60
Generation	5
$p_m$	0.3
$p_c$	0.4

Pada Tabel 4.12 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika. Nilai populasi menunjukkan random posisi kamera sebanyak 60 data, dengan batasan nilai  $p_m$  adalah 0,3 dan batasan nilai  $p_c$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 60 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 300 data. Hasil dari masing–masing individu memiliki nilai *viewpoint entropy*, dapat diketahui pada Tabel 4.13:

Tabel 4.13 Hasil *viewpoint entropy* pada objek buku

No Individu	Viewpoint entropi	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.782349510313080	238.5882	146.8235
2	1.676047393480030	80.47059	111.5294
3	1.727129389145270	72	49.41176
4	1.956972267523230	319.0588	259.7647
5	1.906450953224180	186.3529	295.0588
6	1.885216950050860	25.41176	214.5882
7	1.897821016900340	357.1765	275.2941
12	1.717690264292660	247.0588	223.0588
102	3.662919146340216	5.6471	223.0588
300	1.945349498695312	121.7647	232.11764

Dari Tabel 4.13 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 60 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 300 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.13 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar 238.5882 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 146.8235 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1.782349510313080. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu X adalah 80.47059 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu Z sebesar 111.5294 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.676047393480030. Data individu ke 3 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 72 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 49.41176 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.727129389145270. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil *viewpoint entropy* berada pada data individu ke 102 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 3.662919146340216 dengan sudut rotasi sumbu X adalah 5.6471 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu Z adalah 223.0588 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek, dapat dilihat pada Gambar 4.11:

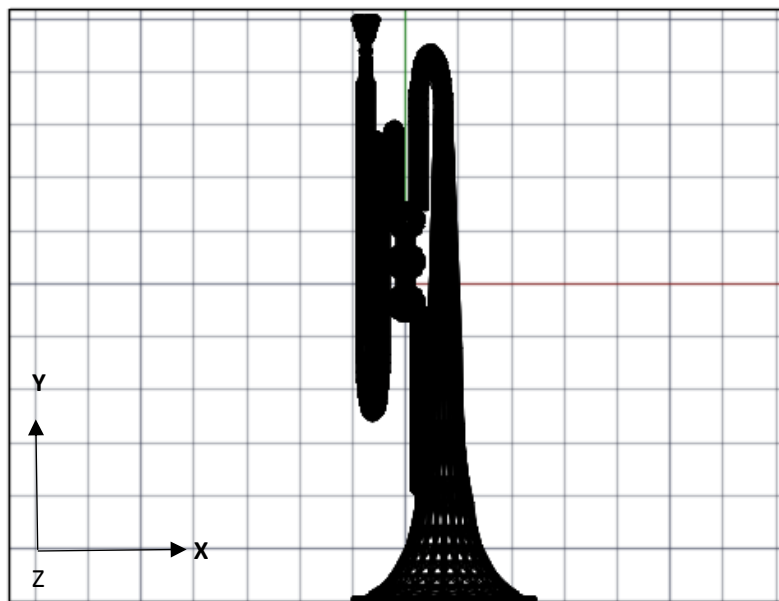


Gambar 4.11 Posisi kamera terbaik terhadap objek buku

Gambar 4.11 menjelaskan posisi kamera terbaik pada objek buku. Kamera adalah mata kita yang memiliki sumbu z kearah objek, sedangkan objek menghadap ke mata kita dengan sumbu z kearah kita.

#### 4.8 Hasil uji coba posisi kamera terbaik terhadap objek terompet

Objek terompet yang digunakan pada penelitian ini memiliki 22223 face. Posisi awal kamera terhadap objek trompet terlihat pada Gambar 4.12:



Gambar 4.12 Posisi awal kamera terhadap objek terompet

Gambar 4.12 merupakan posisi awal kamera terhadap objek terompet. Untuk mendapatkan hasil optimasi kamera terbaik terhadap objek terompet dengan menggunakan algoritma genetika, maka posisi kamera awal dibangkitkan secara random dengan konfigurasi algoritma genetika pada Tabel 4.14:

Tabel 4.14 Konfigurasi algoritma genetika pada terompet

Variabel	Nilai
Populasi	60
Generation	5
$p_m$	0.3
$p_c$	0.4

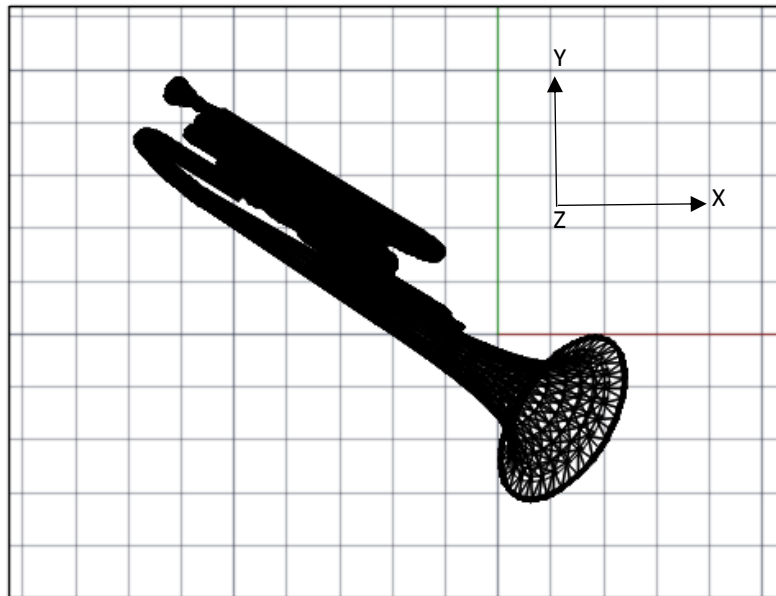
Pada Tabel 4.14 menggambarkan konfigurasi algoritma genetika. Nilai populasi menunjukkan random posisi kamera sebanyak 60 data, dengan batasan nilai  $pm$  adalah 0,3 dan batasan nilai  $pc$  adalah 0,4. Dari data posisi kamera berjumlah 60 dilakukan perulangan generation 5 sehingga memiliki data individu dengan jumlah 300 data. Hasil dari masing–masing individu memiliki nilai *viewpoint entropy* dapat diketahui pada Tabel 4.15:

Tabel 4.15 Hasil *viewpoint entropy* pada objek terompet

No Individu	Viewpoint entropi	Rotasi X	Rotasi Z
1	1.782349510313080	238.5882	146.8235
2	1.676047393480030	80.47059	111.5294
3	1.727129389145270	72	49.41176
4	1.956972267523230	319.0588	259.7647
5	1.906450953224180	186.3529	295.0588
6	1.885216950050860	25.41176	214.5882
7	1.897821016900340	357.1765	275.2941
12	1.717690264292660	247.0588	223.0588
92	2.238557917701257	211.7647	238.5882
300	2.236743761713479	208.9412	170.8235

Dari Tabel 4.15 di dapatkan hasil *viewpoint entropy* dengan jumlah populasi adalah 60 dan pengulangan generasi sebanyak 5, sehingga jumlah individu yang dihasilkan 300 data. Tiap-tiap individu menghasilkan *viewpoint entropy* dengan hasil posisi sudut terhadap sumbu x dan sumbu z yang berbeda-beda. Data pada Tabel 4.15 dengan individu ke 1 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x sebesar 238.5882 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu z sebesar 146.8235 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* adalah 1.782349510313080. Data individu ke 2 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu X adalah 80.47059 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu Z sebesar 111.5294 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 1.676047393480030. Data individu ke 300 mempunyai sudut rotasi terhadap sumbu x adalah 170.8235 derajat dan rotasi sudut terhadap sumbu

z sebesar 208.9412 derajat yang memiliki nilai *viewpoint entropy* sebesar 2.236743761713479. Setelah semua data individu didapatkan, dapat diketahui nilai terbesar hasil *viewpoint entropy* berada pada data individu ke 92 yang memiliki *viewpoint entropy* sebesar 2.238557917701257 dengan sudut rotasi sumbu X adalah 211.7647 derajat dan sudut rotasi terhadap sumbu Z adalah 238.5882 derajat. Hasil *viewpoint entropy* tersebut merupakan posisi terbaik kamera terhadap objek dapat dilihat pada Gambar 4.13:



Gambar 4.13 Posisi kamera terbaik terhadap objek terompet

Gambar 4.13 menjelaskan posisi kamera terbaik pada objek terompet. Kamera adalah mata kita yang memiliki sumbu z kearah objek, sedangkan objek menghadap ke mata kita dengan sumbu z kearah kita. Hasil tersebut merupakan luasan permukaan objek yang diproyeksikan ke kamera.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penelitian yang telah dilakukan membuktikan penentuan posisi kamera terbaik dapat dilakukan menggunakan *viewpoint entropy*, diantara posisi kamera terbaik ketika kamera mendapatkan hasil dari proyeksi objek yang memiliki luasan paling besar yaitu yang memiliki *viewpoint entropy* paling maksimum. Algoritma genetika berfungsi untuk mengoptimasi dari posisi kamera sehingga dari *viewpoint entropy* yang sudah didapatkan dapat dioptimalkan

#### **5.2 Saran**

Pada penelitian ini penentuan posisi kamera terbaik berdasarkan luasan yang terlihat pada satu objek bukan multi objek, sehingga dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat menentukan posisi kamera terbaik pada proyeksi objek lebih dari satu, atau posisi kamera terbaik tidak hanya pada luasan, tetapi pada volume ataupun fungsi-fungsi yang lain.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbarello, E., Cornalba, M. & Griffiths, P., 1985. *Geometry of Algebraic Curves*. I red. New York: Springer Verlag.
- Bajd, T. o.a., 2010. Homogenous Transformation Matrices. *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, 43(Springer Netherlands), pp. 9-22.
- Barral, P., D. & Plemenos, D., 2000. *Scene Understanding Techniques using a Virtual Camera*. Switzerland, Eurographics.
- Cheng, R. & Gen, M., 2000. *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. New York: John Wiley and Sons.
- Goldberg, D. E., 1989. *Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning*. u.o.:Addison Wesley Publishing Company.
- Grefenstette, J., February 1986. Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, Volym 16, pp. 122-128.
- Hartley, R. & Zisserman, A., 2000. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Second red. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Hlavac, V., Leonardis, A. & Werner, T., 1996. Automatic selection of reference views for image-based scene representations. *Lecture Notes in Computer Science*, 1064(Springer Berlin Heidelberg), pp. 526-535.
- Kamada, T. & Kawai, S., January 1988. A Simple Method for Computing General Position in Displaying Three-dimensional Objects. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Volym 41, pp. 43-56.
- Man, K. F., Sang, K. T. & Kwong, S., 1999. *Genetic Algorithms: Concepts and Designs*. London: Springer.
- Nitecki, Z., 19 August 2012. *Calculus in 3D: Geometry, Vectors and Multivariate Calculus*. u.o.:Tufts University Department of Mathematics.
- Reeves, C. R. & Wright, C., 1999. Genetic Algorithms and The Design of Experiments. *The IMA Volumes in Mathematics and its Applications*, 111(Springer New York), pp. 207-226.
- Sbert, M., Plemenos, D., Feixas, M. & Gonzalez, F., 2005. *Viewpoint Quality: Measures and Applications*. Switzerland, Eurographics Association.

- Shannon , C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, Volym 27, pp. 379-423.
- Sokolov, D. & Plemenos, D., 2005. *Viewpoint Quality and Scene Understanding*. Switzerland, Eurographics Association.
- Vazquez, P. P., Feixas, M., Sbert, M. & Heidrich, W., 2001. *Viewpoint Selection using Viewpoint Entropy*. u.o., Aka GmbH.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penelitian yang telah dilakukan membuktikan penentuan posisi kamera terbaik dapat dilakukan menggunakan *viewpoint entropy*, diantara posisi kamera terbaik ketika kamera mendapatkan hasil dari proyeksi objek yang memiliki luasan paling besar yaitu yang memiliki *viewpoint entropy* paling maksimum. Algoritma genetika berfungsi untuk mengoptimasi dari posisi kamera sehingga dari *viewpoint entropy* yang sudah didapatkan dapat dioptimalkan

#### **5.2 Saran**

Pada penelitian ini penentuan posisi kamera terbaik berdasarkan luasan yang terlihat pada satu objek bukan multi objek, sehingga dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat menentukan posisi kamera terbaik pada proyeksi objek lebih dari satu, atau posisi kamera terbaik tidak hanya pada luasan, tetapi pada volume ataupun fungsi-fungsi yang lain.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbarello, E., Cornalba, M. & Griffiths, P., 1985. *Geometry of Algebraic Curves*. I red. New York: Springer Verlag.
- Bajd, T. o.a., 2010. Homogenous Transformation Matrices. *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, 43(Springer Netherlands), pp. 9-22.
- Barral, P., D. & Plemenos, D., 2000. *Scene Understanding Techniques using a Virtual Camera*. Switzerland, Eurographics.
- Cheng, R. & Gen, M., 2000. *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. New York: John Wiley and Sons.
- Goldberg , D. E., 1989. *Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning*. u.o.:Addison Wesley Publishing Company.
- Grefenstette, J., February 1986. Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, Volym 16, pp. 122-128.
- Hartley, R. & Zisserman, A., 2000. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Second red. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Hlavac, V., Leonardis , A. & Werner, T., 1996. Automatic selection of reference views for image-based scene representations. *Lecture Notes in Computer Science*, 1064(Springer Berlin Heidelberg), pp. 526-535.
- Kamada, T. & Kawai, S., January 1988. A Simple Method for Computing General Position in Displaying Three-dimensional Objects. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Volym 41, pp. 43-56.
- Man, K. F., Sang , K. T. & Kwong, S., 1999. *Genetic Algorithms: Concepts and Designs*. London: Springer.
- Nitecki, Z., 19 August 2012. *Calculus in 3D: Geometry, Vectors and Multivariate Calculus*. u.o.:Tufts University Department of Mathematics.
- Reeves, C. R. & Wright, C., 1999. Genetic Algorithms and The Design of Experiments. *The IMA Volumes in Mathematics and its Applications*, 111(Springer New York), pp. 207-226.
- Sbert, M., Plemenos, D., Feixas, M. & Gonzalez, F., 2005. *Viewpoint Quality: Measures and Applications*. Switzerland, Eurographics Association.

- Shannon , C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, Volym 27, pp. 379-423.
- Sokolov, D. & Plemenos, D., 2005. *Viewpoint Quality and Scene Understanding*. Switzerland, Eurographics Association.
- Vazquez, P. P., Feixas, M., Sbert, M. & Heidrich, W., 2001. *Viewpoint Selection using Viewpoint Entropy*. u.o., Aka GmbH.



## BIODATA

Nama : Awang Andhyka  
NRP : 2214205201  
Lahir : Blitar  
Tgl Lahir : 26 November 1983  
Sekolah : SDN 267 Surabaya (1996)  
SMPN 23 surabaya (1998)  
SMUN 20 surabaya (2001)  
D3 Elektro – Komputer Kontrol - (2006)  
PENS- Teknologi Informasi - ITS (2009)  
S2 Elektro – Jaringan Cerdas Multimedia (2017)  
Email : [awangandhyka@gmail.com](mailto:awangandhyka@gmail.com)  
No Tlp : 087852611261

